

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Ekologická a evoluční biologie



Martin Prach

**Antrakologická a xylotomická analýza z pravěkých sídlišť a její vztah
k vegetačním poměrům**

**Anthracological and xylotomy analysis from prehistoric
archeological sites and its relationship to vegetation conditions**

Bakalářská práce

Školitel: RNDr. Jan Novák, Ph.D.

Praha 2016

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 13. 4. 2016

Podpis:

Abstrakt

Xylotomická a antrakologická analýza patří mezi základní paleoekologické metody, používané pro rekonstruování vývoje zejména dřevinné vegetace v minulosti. Zaměřením této analýzy je zpracování spáleného i nespáleného historického dřevěného materiálu v podobě zejména taxonomického určení konkrétních fragmentů a následné interpretace směřující ke druhovému složení minulé vegetace. Tato práce se v první části zabývá stručným představením metody, které obsahuje její krátkou historii, různé metodologické přístupy a také možné problémy při formulování výsledných závěrů. Druhá rešeršní část obsahuje regionálně dělený rozbor převážně anglicky publikovaných konkrétních prací v kontinentální Evropě, v podstatě od Španělska po Švédsko.

Klíčová slova: uhlíky, dřevo, rekonstrukce vegetace, archeologie, antrakologie

Abstract

Xylotomy and anthracological analysis belong to fundamental paleoecological methods used mostly for reconstructing evolution of past wood vegetation. The point of this analysis is utilizing either charred or uncharred ancient wood material in the form of taxonomical determination of particular fragments, resulting in conclusions pointing towards reconstruction of species composition of past vegetation. In its first part, this work deals with brief introduction of the method, containing its short history, different methodological approaches and possible complications with final conclusions. The literature review part contains geographically sorted analysis of studies from continental Europe from Spain to Sweden, published mostly in english.

Keywords: charcoal, wood, reconstruction of vegetation, archeology, anthracology

Obsah

1	Úvod	5
2	Historie	7
3	Metoda	8
3.1	Vzorkování	8
3.2	Určování	9
3.3	Interpretace	12
4	Regionální studie	15
4.1	Španělsko	15
4.2	Francie a Belgie	18
4.3	Německo	23
4.4	Rakousko a Maďarsko	25
4.5	Severní Evropa	28
4.6	Ostatní regiony	31
5	Závěr	32
6	Přehled použité literatury	33

1 Úvod

Xylotomická a antrakologická analýza jsou jedněmi z mnoha paleoekologických metod, které se obecně snaží o poznání minulé vegetace a jejího vývoje, při užším pohledu na holocénní paleoekologii potom nejčastěji v interakci s lidským osídlením. Svým zaměřením leží na rozhraní mnoha přírodovědných i humanitních oborů, jako jsou geobotanika, archeologie, etnologie nebo rostlinná morfologie.

Jednotlivé paleoekologické metody mají často podobně orientované otázky a cíle, ale zásadně se liší zejména proxy daty, na jejichž základě se snaží z jednotlivých střípků poskládat obraz minulosti. Proxy data mohou být velmi různého původu, a to od hledání zbytků živočišného a rostlinného původu po měření chemických a fyzikálních vlastností. Konkrétní druhy proxy dat často pochází z různých prostředí a vyžadují rozdílné podmínky pro zachování, díky čemuž se mohou jednotlivé analýzy často velmi dobře doplňovat a navzájem korigovat. Nejrozšířenějšími z paleoekologických metod zaměřených na materiál rostlinného původu jsou pylová analýza a analýza rostlinných makrozbytků.

Pylová analýza neboli palynologie, která je z těchto metod nejstarší a i na našem území má tradici od počátku 20. století, se zabývá určováním pylových zrn ze stratifikovaných sedimentů a na jejich základě potom rekonstrukcí vegetace. Pro zachování pylu je ale nutné specifické prostředí – vlhké a obvykle s nízkým pH. Komplikace s interpretací působí mimo jiné různé množství produkovaného pylu u různých druhů rostlin nebo různá velikost pylových zrn, které je potřeba řešit specifickými metodologickými přístupy. Díky snadnější transportovatelnosti pylu větrem i vodou oproti makrozbytkům, mohou mít pylové analýzy i územně větší regionální záběr.

Jako makrozbytková analýza se souhrnně označuje určování větších objektů rostlinného původu, nejčastěji semen, plodů, pupenů nebo jehlic. Do této kategorie ale spadá i určování veškerých dřevěných fragmentů, a to jak zuhelnatělých tak nezuhelnatělých. Podmínky pro zachování různých typů makrozbytků se liší, ale obecně se jedná jak o suchá, tak vodou nasycená stanoviště. Oproti pylové analýze jsou větší objekty transportovatelné obtížněji a poukazují spíše na lokální podmínky.

V rámci samotné analýzy dřevěných objektů lze potom rozlišit několik podkategorií, které sice pracují se stejným systémem mikroskopického určování taxonů dřevin, ale liší se podle povahy a způsobu získání zkoumaných vzorků a tedy i možnými výslednými interpretacemi.

Za základní lze považovat rozdělení na xylotomii a antrakologii, kdy první se zabývá nezuhelnatělými a druhá zuhelnatělými dřevěnými částmi. Terminologie v tomto ohledu ale není zcela jednoznačně zavedená a jako xylotomická analýza se někdy označuje obecně jakákoliv analýza dřevěného materiálu na základě anatomických znaků, včetně určování dřeva recentního stáří. Pokud se ale budeme držet výše uvedené dichotomie, tak xylotomická analýza nespálených dřev se využívá spíše pro jednotlivá

určení, často stavebních konstrukcí nebo artefaktů obecně, a obvykle neumožňuje statistické zpracování a spolehlivou vegetační rekonstrukci. Oproti tomu antrakologická analýza pracuje s početnějšími soubory a díky postupně vytvořené (a dále podrobněji rozebírané) metodice zabývající se zejména původem a uložením uhlíků, se při splnění určitých podmínek považuje za relevantní pro kvantitativní vegetační rekonstrukci.

V rámci antrakologie lze dále rozlišit dva základní směry, a to podle původu určovaných uhlíků. Prvním je pedoantrakologie, tedy analýzy uhlíků získaných z půdních profilů a pocházejících převážně z přirozených požárů, eventuálně od mesolitu i z požárů iniciovaných člověkem. Druhým směrem, který je hlavní náplní této práce, jsou analýzy uhlíků z archeologických kontextů. V tomto případě určovaný materiál obvykle pochází z historického každodenního fungování zkoumané lokality. Nejčastějším zdrojem je palivové dřevo, eventuálně se může jednat o požárem zasažené části konstrukcí nebo zbytky po řemeslné výrobě (Beneš 2008).

Poněkud mimo uvedené skupiny stojí analýza mikroskopických uhlíků. Ta se zabývá početností velmi malých uhlíků (obvykle menších než 100 – 200 μm) obvykle v materiálu připraveném pro pylovou analýzu a pokud možno i hrubým určením jejich původu (Conedera et al. 2009). Taxonomická přesnost určení je zde oproti větším uhlíkům minimální.

Tento delší přehled považuji za nutný pro zařazení antrakologické analýzy do širšího kontextu paleoekologických metod a lepší pochopení vymezení tématu řešeršní části. Ta se zabývá v první části přehledem literatury týkající se obecné metodologie této analýzy, problémům s jejím využitím a možnostmi pro výsledné interpretace. Druhá část je zaměřena na přehled konkrétních prací a snaží se o zachycení současného stavu vědomostí o historické vegetaci, vycházejících z antrakologických analýz z archeologických kontextů v Evropě. Určitou komplikací je časté použití této analýzy spolu s dalšími paleoekologickými metodami v multidisciplinárních studiích. Proto je někdy obtížné rozlišit, která metoda přispěla k řešení konkrétních otázek. Dalším striktním kritériem pro výběr zahrnutých prací je alespoň částečný původ konkrétního souboru v archeologických situacích. I zde ale není rozlišení vždy jednoduché, protože je možné v rámci jedné studie vycházet z materiálu jak z přírodních tak kulturních sedimentů. Posledním, ale minimálně stejně důležitým kritériem jako ta předchozí, je konkrétní podoba dané studie a způsob využití závěrů antrakologické analýzy v ní. Zde je cílem ukázat maximum různých způsobů využití, typů metodologie a otázek, k jejichž řešení lze antrakologickou analýzu použít.

2 Historie

K prvním propojením přírodovědných metod s archeologickými výzkumy dochází už od poloviny 19. století. Úplně první práce pochází z Německa z roku 1846 od D. F. Ungera, který mikroskopicky určoval uhlíky z archeologických situací podle technických vzorků od jiných autorů. Porovnával druhové složení různě starých vzorků a podle toho usuzoval na šíření jehličnanů v severním Německu během posledních století (Paysen 2012). Dále následovaly práce Švýcara O. Heera a Itala G. Passeriniho (Asouti 2009), kteří se zabývali rostlinným materiálem ze švýcarských nákolních osad. Většina prací z tohoto období se ale nezabývá pouze uhlíky, ale obecně (a většinou primárně) jinými rostlinnými makrozbytky (Heer 1856). Další identifikace uhlíků z archeologických situací pochází z počátku 20. století. Jedná se například o práce H. Breuila z francouzských paleolitických lokalit (Asouti 2009) nebo A. Fietze z našeho území, konkrétně z jeskyní Moravského Krasu (Musil 2006). U většiny prací z tohoto období se ale jedná spíše o izolovaná určení uhlíků z ohnišť, dělaná za účelem zjištění zdroje palivového dřeva a bez větších možností pro paleoekologické interpretace.

První studie snažící se o vegetační rekonstrukci a řešení dalších ekologických otázek na základě uhlíků pochází z roku 1940 z Anglie a jedná se analýzu z Maiden Castle (Salisbury a Jane 1940). Práce ihned vyvolala kritickou reakci (Godwin a Tansley 1941), která hezky poukazuje na problémy a slabiny vegetačních interpretací antrakologické analýzy z archeologických situací a která předznamenává jejich diskuzi a budoucí metodologické řešení.

Dalšími autory studií s paleoekologickým zaměřením byli Santa a Momot během 50. a 60. let 20. století. Jejich práce ze severní Afriky, které mají již detailnější a složitější metodiku, se zabývají mimo jiné i způsobem vzniku a uchování souborů uhlíků (Asouti 2009).

Zpočátku se používala pro pozorování vzorků klasická mikroskopie v procházejícím světle a mikrotomem zhotovené tenké řezy zalité obvykle ve vosku, jejichž příprava je ale zejména časově dosti náročná a může při ní dojít i k poškození anatomické struktury dřeva. Způsob, jak vytvořit z uhlíků tenké řezy pro pozorování i pořízení kvalitních mikrofotografií publikuje v šedesátých a sedmdesátých letech kromě jiných i M. Couvert, který v dalších svých pracích zdůrazňuje rozdílné možnosti interpretace uhlíků oproti pylové analýze (Asouti 2009). Během šedesátých let ale dochází k rozvoji mikroskopie v odraženém světle, jejíž využití přispěje k výraznému zefektivnění a rozšíření antrakologické analýzy (Figueiral a Mosbrugger 2000). S touto technologií stačí pro identifikaci pozorovat ideálně čerstvý lom, eventuálně řez a odpadá zdoluhavá výroba preparátů.

Nejvýznamnějším evropským centrem antrakologických analýz se na počátku 80. let stala univerzita v Montpellier. Tato skupina, kterou založil Jean-Louis Vernet a je stále velmi aktivní, začala v západním Středomoří s prvním systematickým výzkumem a pochází z ní mnoho pro tento obor zásadních prací.

Zejména práce zabývající se metodami kvantifikace výsledků a reprezentativností uhlíků pro paleoekologické interpretace, tvoří metodologické pozadí, ze kterého dnešní antrakologie stále vychází.

U nás se kromě již zmíněného A. Fietze později od 50. let věnovalo analýzám uhlíků několik autorů. J. Slavíková-Veselá (později Slavíková) rekonstruovala vegetaci na základě souborů uhlíků z výzkumů slavníkovského hradiště Libice nad Cidlinou a neolitických Bylan (Slavíková 1976 a 1986). Z. Dohnal analyzoval mimo jiné i soubor nezuhebnatělých dřev ze sídliště u Tuchlovic u Kladna z doby laténské a římské (Dohnal 1970). Z Moravy potom pochází analýzy od E. Opravila, například vegetační rekonstrukce Znojemska doby halštatské (Opravil 1961).

3 Metoda

3.1 Vzorkování

Antrakologická potažmo xylotomická analýza a získávání materiálu pro ní obsahuje mnoho kroků a úskalí, které jsou často klíčové pro možnosti výsledných interpretací. Pokusím se je popsat v takovém pořadí, jak se s nimi člověk setkává a vypořádává v praxi.

Prvním krokem je získání materiálu pro analýzu. Antrakologický materiál je obvykle získáván z kopaných sond a to buď archeologických, nebo vytvořených přímo za tímto účelem. Materiál je možné vybírat ručně, což ale zákonitě povede k pravděpodobnějšímu opomenutí nejmenších částic a tedy zkreslení výsledného souboru ve prospěch velikostně větších kusů. Tím se sníží celkový počet určení a tedy i sníží pravděpodobnost zachycení vzácnějších druhů (Chabal 1997 podle Asouti 2009, Keepax 1988). Ruční vybírání může být vhodnější v případě, kdy je nutné zachovat vzájemný vztah jednotlivých částic většího celku, například u artefaktů nebo konstrukčních dřev, za účelem zejména datování (Asouti 2009). Z těchto důvodů se nejčastěji pro extrakci používá, v závislosti na typu substrátu, buď plavení vodou nebo suché prosívání přes síto nebo jejich soustavu s různou velikostí otvorů. Tímto způsobem je možné rozdělit uhlíky do velikostních tříd. Nejmenší průměr ok u používaných sít je obvykle 2 - 4 milimetry, protože u uhlíků menších velikostních tříd už je determinace častěji nemožná (Théry-Parisot et al. 2010).

Složitější otázkou, kterou se autoři zabývají v podstatě od vzniku metody, je vztah mezi množstvím odebraných vzorků a reprezentativností pro navazující interpretace. Obecně záleží na požadované přesnosti a také samozřejmě praktických možnostech v rámci konkrétního výzkumu. I početně malé soubory mají svoji informační hodnotu, ale ta je spíš indikativní a pro další interpretace velmi omezená. Klíčovou otázkou je tedy hranice, respektive počet vzorků, kdy už analýza souboru umožňuje

kvantitativní rekonstrukci vegetace a statistické zpracování. Jinak řečeno - kdy už je možné říci, že analyzovaný soubor je dostatečně velký, aby zaznamenal všechny druhy, a z počtu jejich výskytů v souboru zrekonstruoval i jejich zastoupení v původní vegetaci.

S rostoucím počtem taxonomicky určených uhlíků postupně zjišťujeme nové ještě nezaznamenané druhy a tím se postupně blížíme k původnímu zdrojovému spektru dřevin. Nové druhy přibývají nejrychleji zpočátku a postupně se frekvence jejich zaznamenání snižuje. Tento jev vyjadřuje takzvaná saturační křivka. Klíčové je tedy zjištění přibližné hranice, takzvaného saturačního bodu, kdy už je pravděpodobnost zaznamenání nového druhu minimální. Minimální hodnoty pro obsáhnutí druhového spektra se poněkud liší. Dříve se udávala hodnota 100 určených fragmentů (Keepax 1988, Asouti 2001). V potenciálně druhově bohatých oblastech je někdy tato hranice zvýšena až na 250 kusů nebo i více (Chabal 1999 podle O'Carroll a Mitchell 2012). Irským autorům překvapivě vyšla při široké analýze dat ze středního Irska dokonce průměrná hodnota saturačního bodu naopak jenom na 25 určených fragmentů. Tato nižší hodnota je pravděpodobně způsobena tamní nižší druhovou diverzitou dřevin (O'Carroll a Mitchell 2012). Počet určení na vzorek a tedy stratigrafickou vrstvu by měl výše uvedené minimální hodnoty přesáhnout a dosáhnout alespoň 250 až 400 určení (Théry-Parisot et al. 2010). Zároveň ale platí, že vyšší počet určení z jednoho vzorku nemůže nahradit nedostatek informací ze vzorku jiného (Keepax 1988).

V rámci lokality je potom třeba odebrat vzorků větší množství, a to minimálně 25 až 50. I zde ale samozřejmě záleží na konkrétních kladených otázkách a možnostech v rámci daného výzkumu – například pro porovnávání mezi různými kontexty v rámci komplikovanější lokality by bylo nutné tyto počty ještě zvýšit (Asouti 2009). Pro zlepšení přesnosti je žádoucí i v rámci jedné stratigrafické vrstvy použít vzorky z různých míst lokality. Pro otázky celkové vegetační rekonstrukce se tím postihne variabilita mezi jednotlivými vzorky. Mohou se takto objevit i případné zcela odlišné vzorky, které je nutné pro další zpracování vypustit (Théry-Parisot et al. 2010).

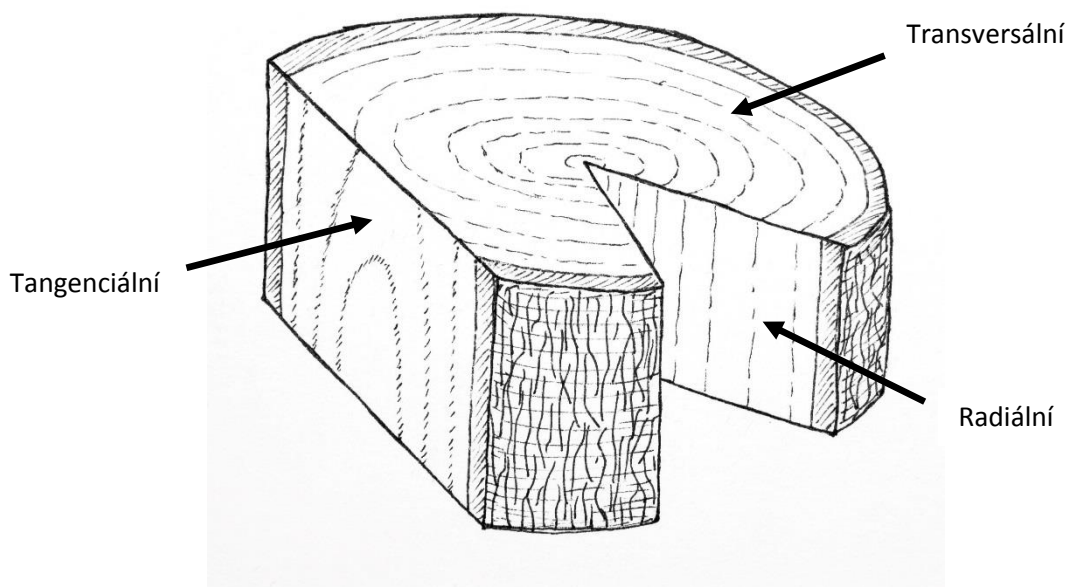
3.2 Určování

Určování taxonů u veškerého dřevěného materiálu se řídí v podstatě stejným souborem anatomických znaků, který vychází z určování čerstvého dřeva. Rozdíl je ale v pozorovatelnosti jednotlivých znaků a tedy jejich použitelnosti u konkrétních typů dřevěného materiálu, které procházejí různými přeměnami. Konkrétně uhlíky procházejí přeměnou spalováním, která jejich celkovou strukturu nevratně mění a to v podobě fragmentace, změny objemu nebo popraskání. Základní anatomické znaky jsou ale stále rozlišitelné. Proto je určování uhlíků méně přesné než u čerstvého dřeva - probíhá obvykle do úrovně rodu, v některých případech pouze vyšší skupiny (*Pomoidae*), nebo eventuálně dvojice špatně rozlišitelných rodů (*Salix/Populus*, *Larix/Picea*). Znaky pro rozlišení druhů sice i u uhlíků

u některých rodů existují, ale jsou často nejednoznačně definované nebo je jejich pozorování příliš technicky komplikované. V případě, kdy ve zkoumané oblasti přichází reálně v úvahu jen jediný zástupce určeného rodu, se používá i druhové určení.

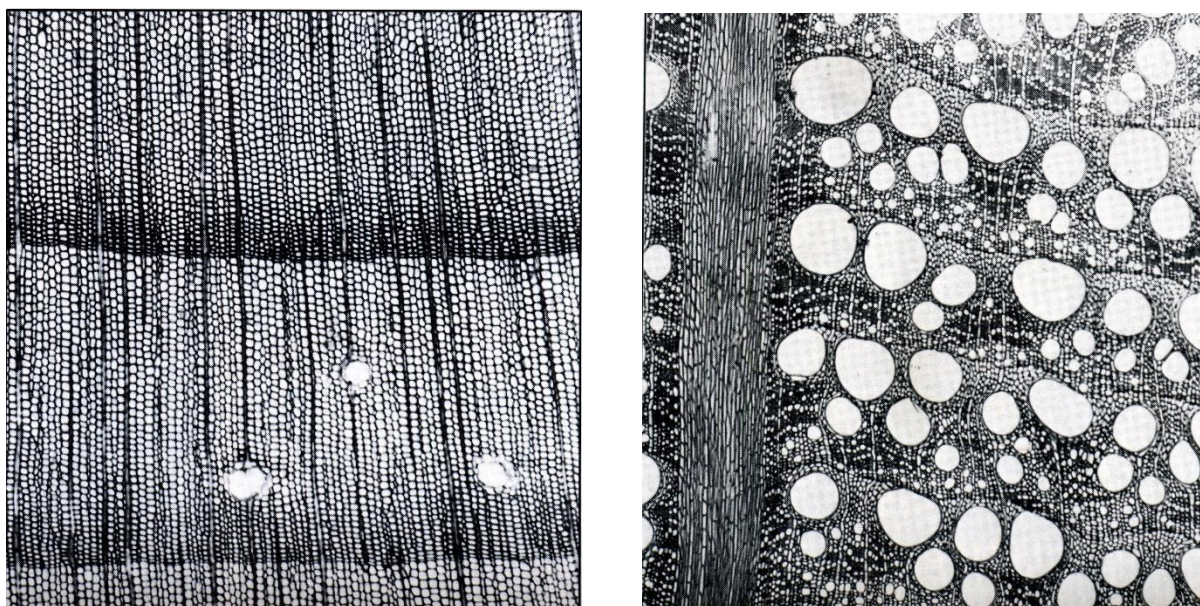
Pro účely antrakologické a xylotomické analýzy je použitelná celá řada mikroskopických technik. Nejdetailnější metodou, ale zároveň nejnáročnější na finance a přípravu preparátů, je skenovací elektronová mikroskopie. Její výsledky jsou sice pro determinaci téměř ideální, ale z výše uvedených praktických důvodů se užívá jenom zřídka. Další možností je klasická mikroskopie v procházejícím světle, pro kterou je ale nutná příprava tenkých řezů. Vzorek je nejprve nutné zalít do fixačního média, například vosku nebo epoxidové pryskyřice, a potom pomocí mikrotomu vytvořit jednotlivé řezy (například Igersheim a Cichocki 1996). Jejich příprava je jednak zdlouhavá a jednak u křehkých uhlíků poměrně technicky náročná.

Z pohledu poměru časové náročnosti a detailnosti obrazu pro určování je nepoužívanější metodou pozorování čerstvých lomových ploch uhlíků na mikroskopu s odraženými světlem procházejícím přímo objektivem, někdy označovaném jako metalografický. Povrchy uhlíků jsou často znečištěné a kvůli křehkosti se velmi snadno poškodí, proto je obvykle nutné vzorek nalámat těsně před determinací. To se provádí buď ručně, nebo pomocí žiletky. Používané zvětšení je obvykle 50x, 100x a 200x, někdy i 500x. Determinační znaky se nachází ve třech různých rovinách vzorku, a proto je nutné pozorovat tři různé roviny řezu – transversální (příčnou), radiální (podélnou) a tangenciální (tečnou).



Obr. 1 : Roviny řezu používané při antrakologickém a xylotomickém určování (kresba M. Prach)

Obvyklý postup je napřed pozorovat při menším zvětšení (50x) transversální řez, kde je možné podle celkové struktury rozhodnout, zda se jedná o jehličnaný nebo listnatý strom. U jehličnanů se na tomto řezu dále pozoruje přítomnost nebo absence pryskyřičných kanálků a u listnáčů vzorec rozmístění cév. Dalším v pořadí může být radiální řez, a to již při větším zvětšení (100-200x). Zde jsou důležitými znaky jak u listnáčů tak jehličnanů póry, jinak také ztenčeniny, v křížení tracheid a dřevových paprsků, a také možná přítomnost spirálovitého vyztužení tracheid nebo cév. U listnáčů je zde možné pozorovat napojení jednotlivých článků cév na sebe, v podobě buď jednoduchého napojení, nebo takzvaných perforačních destiček. U listnáčů je dále klíčovým znakem šířka dřevových paprsků, která je nejlépe pozorovatelná na tangenciálním řezu, na kterém lze dále pozorovat i již zmíněné napojení článků cév.



Obr. 2: Transversální řezy jehličnanu (*Pinus*, vlevo) a listnáče (*Quercus*, vpravo), zvětšení 40x
(Schweingruber 1990, upraveno)

Určení taxonů probíhá podle dostupných identifikačních klíčů (Schweingruber 1990, Schweingruber a Benkova 2004, Schoch et al. 2004 a další) nebo porovnáváním s referenční sbírkou. Komplikací při určování může být rozdílnost zachování jednotlivých kusů uhlíků a rozdíly v růstu jednotlivých částí stromu, kdy morfologie u částí pocházejících ze silného kmene stromu a tenké koncové větvičky může být značně rozdílná.

Kromě informace o taxonech je pokud to analyzovaný soubor dovoluje obvyklé během analýzy zaznamenávat i další hlavně dendrologické údaje. Jedná se o celkovou váhu uhlíků extrahovaných ze vzorku, která se uvádí jako takzvaná „anthracomass“, vyjádřená v podobě váhy uhlíků na kilogram vzorku (Carcaillet a Thinon 1996). Další možností je zařazování jednotlivých určovaných fragmentů do velikostních kategorií podle průměru části stromu (křoviny), ze kterého pochází, a to na základě míry

zakřivení letokruhů (k problematice například Théry-Parisot et al. 2011). Měření tohoto parametru je ale spolehlivě možné pouze u velikostně větších uhlíků, u těch drobnějších může být zakřivení letokruhů pravděpodobněji pocházet pouze z místní nepravidelnosti růstu nebo být prakticky nepostihnutelné. Údajem, který je také často zaznamenáván, je šířka jednotlivých letokruhů (Dufraisie 2006). Prakticky jde tedy o míru ročních přírůstků daného stromu. Jeho změny mohou ukazovat například na změnu managementu (Schwarz a Oegg 2013). Zjišťování přítomnosti radiálních prasklin v uhlíkách potom umožňuje odlišit, zda bylo spáleno mrtvé nebo čerstvě skácené živé dřevo (Théry-Parisot a Henry 2012). Ke zpřesnění vědomosti o stavu páleného dřeva může přispět i zaznamenání přítomnosti houbových hyf nebo požerků hmyzu (Marguerie a Hunot 2007).

3.3 Interpretace

Pro interpretaci dat získaných antrakologickou analýzou a vyplývající vegetační rekonstrukci je nutné uvažovat nad mnoha důležitými faktory, týkajícími se hlavně původu uhlíkového souboru, způsobu jeho vzniku a uložení, a případných postdepozičních procesů. Tyto faktory působí v podobě několika filtrů, které se různě projevují na cestě mezi původní vegetací a výsledným antrakologickým diagramem, a které ovlivňují reprezentativnost a možnosti souboru pro vegetační rekonstrukci.

První skupina faktorů, takzvaný sociální filtr (Théry-Parisot et al. 2010), se týká procesu získávání dřeva z okolí. To je v první řadě podmíněno dostupností jednotlivých taxonů dřevin v okolní vegetaci a následně sociálními jevy, týkajícími se preferencí pro určité druhy nebo typy dřeva, a konkrétního typu způsobu získávání. Získávání dřeva je řízeno vědomým lidským jednáním a rozhodováním, což nutně působí určité zkreslení souboru vybraného dřeva oproti původní vegetaci. Tímto zásadním problémem, který je zdrojem kritiky antrakologické analýzy prakticky od jejího vzniku, se metodologicky zabývalo mnoho autorů a jeho řešení se výrazně promítá v souboru obecných zásad určujících reprezentativnost souboru pro vegetační rekonstrukce. Tato metodologie se týká palivového dříví, které se obvykle předpokládá jako hlavní zdroj antrakologických souborů. U dřev pro jiné využití (například dřevo konstrukční), lze předpokládat výraznější zkreslení výběrem konkrétního dřeva pro dané účely a tedy výrazně menší reprezentativností vzhledem k původní vegetaci (Marston 2009).

Hlavním z pojmů týkajících se řešení tohoto problému je „princip nejmenšího úsilí“ (anglicky „Principle of least effort“). Tato široce aplikovaná teorie se v antrakologii projevuje předpokladem, že výběr palivového dřeva probíhal na poměrně malém území a to druhově nesespecificky a tudíž podíl jednotlivých druhů v sebraném dřevu odpovídá jejich podílu v okolní vegetaci (Shackelton a Prins 1992 podle Théry-Parisot et al. 2010). Tento základní předpoklad sice zjednodušuje velké množství různých faktorů, které výběr palivového dřeva mohly ovlivňovat, ale pro potřeby vegetační rekonstrukce je obecně přijímaný. Vychází mimo jiné i z názoru, že pro výběr palivového dřeva jsou výrazně důležitější

jiné vlastnosti než taxonomická příslušnost, která je v dnešním pojetí velmi recentního stáří. Klíčovými charakteristikami palivového dřeva se podle etnologických studií ukazují průměr, obsah vlhkosti v něm a celkový stav na úrovni čerstvé, mrtvé, hnijící a podobně (Théry-Parisot et al. 2010). Mnoho autorů se snaží o další zpřesnění a detailnější popis a rozlišení způsobů získávání dřeva, většinou na základě etnoarcheologických nebo i recentních etnobotanických výzkumů (Asouti a Austin 2005, Duffraisse 2012). Tyto práce mají zaměření ale spíše antropologické než ekologické.

Dalším faktorem, který pomáhá odfiltrovat vliv vědomého výběru dřeva, je rozlišení různých typů depozitů uhlíků z pohledu způsobu a trvání jejich uložení. Toto rozlišení se děje obvykle na základě archeologické interpretace nálezové situace. Krátkodobé depozity poskytují pouze jednorázové „okno“ do původní vegetace a mohou proto být velmi zkreslené konkrétními podmínkami nebo i náhodou. I přesto mohou poskytnout zajímavé informace, spíše ale dílčího charakteru. Pro komplexní vegetační rekonstrukci je proto nutné využívat soubory uhlíků uložených během delšího časového úseku. V nich je dále třeba rozlišovat mezi soubory koncentrovanými, pocházejícími ze sice opakující se, ale specifické aktivity (například pece, ohniště), které jsou pravděpodobněji ovlivněné vědomým výběrem dřeva, a soubory takzvaně „syntetickými“. U těch není možné jasně rozpoznat způsob jejich vzniku a pochází z větší plochy, například uhlíky rozptýlené v rámci celé archeologické vrstvy. Předpokládá se u nich smíšený původ z různých zdrojů a aktivit. Tento typ souborů je pro potřeby vegetační rekonstrukce nejreprezentativnější (Théry-Parisot et al. 2010).

Druhým filtrem v pořadí jsou faktory týkající se procesu spalování dřeva. Jedná se zejména o ztrátu objemu a fragmentaci na menší částice. Základní otázkou je, jestli se citlivost na tyto změny nějak liší mezi jednotlivými taxony, a tudíž jestli jsou některé z nich v antrakologickém materiálu oproti původní vegetaci nadhodnoceny nebo podhodnoceny. Obě zmíněné změny sice probíhají současně, ale na souboru uhlíků se projevují jinak a tudíž je nutné jejich efekty řešit odděleně (Théry-Parisot et al. 2010). Fragmentaci popisuje takzvaný „zákon fragmentace“ (anglicky „law of fragmentation“), formulovaný L. Chabal a publikovaný bohužel pouze ve francouzštině (Chabal 1988, 1992 podle Austin a Asouti 2005). Ten na základě výzkumů kompletních archeologických souborů říká, že bez ohledu na druhovou příslušnost všechna spálená dřeva fragmentují na málo velkých zlomků a větší počet malých. Relativní podíl velkých a malých fragmentů je tedy pro všechny taxony stejný a proto je možné druhy mezi sebou porovnávat jen pomocí počtů fragmentů. Tato idea byla později ověřována pomocí dalších experimentů se spalováním různých druhů dřeva (Théry-Parisot et al. 2010 B). Výsledky této studie sice naznačují rozdělení druhů do třech skupin podle toho, kolik fragmentů tvoří, ale pomocí sledovaných vlastností spalovaného dřeva se nepodařilo zjistit příčinu tohoto rozdělení. Autoři usuzují, že poměr jednotlivých taxonů uhlíků odpovídá poměru u dřeva před spálením podle „zákona fragmentace“, ale u některých druhů nefunguje vztah mezi množstvím spáleného dřeva a výsledným počtem fragmentů.

Změnou objemu a tím, jestli je ovlivněna druhovou příslušností nebo jinými vlastnostmi páleného dřeva, se zabývalo mnoho studií (pro přehled viz Théry-Parisot et al. 2010). Jejich výsledky celkově jsou ale velmi nejednoznačné, někdy jsou dokonce v přímém rozporu. Absence jasné závislosti proto naznačuje, že změna objemu během pálení působí jako náhodný filtr, a k žádnému systematickému zkreslení nepřispívá.

Otázka procesů během spalování a možných různých odpovědí konkrétních taxonů na ně byly zdrojem největší kritiky metod antrakologické analýzy obecně. Někteří autoři tvrdili, že různé taxony se reakcí na spalování liší natolik, že pro vegetační rekonstrukci jsou pouze počty fragmentů a procentuální zastoupení nepoužitelné (blíže Austin a Asouti 2005). Alternativou je místo počtů používat váhu. Autoři z Montpellierské školy ale ukázaly (viz výše – „zákon fragmentace“), že počet fragmentů je s váhou téměř vždy výrazně korelovaný. I tak je ale váha snadno zjistitelný parametr, který se u uhlíkových souborů dnes standartně měří a používá (například Novák et al. 2015).

Třetím filtrem ovlivňujícím stav výsledného souboru jsou postdepoziční procesy. Ty mohou zahrnovat jak lidské aktivity v době těsně po vzniku uhlíků, tak procesy probíhající v půdě po uložení. První skupina těchto procesů, zahrnující například čištění ohniště nebo drobné terénní úpravy v rámci běžného života lokality, jsou poměrně obtížně postižitelné a zjistitelné. Výraznější rozdíly jsou patrné pouze na mikromorfologických výbrusech (Miller et al. 2010). Stejně tak obtížně zachytitelné jsou procesy později v půdě, způsobené například aktivitou živočichů nebo růstem kořenů rostlin, které mohou mít za následek přesunutí jednotlivých fragmentů. Na zachování uhlíků má dále vliv i pH prostředí, ve kterém jsou uloženy. Zásadité prostředí má na zachování a stav uhlíků negativní vliv a může vést k rozpadu až úplnému vymizení uhlíků ze záznamu (Braadbaart et al. 2009). Přesto, že všechny tyto procesy celkově působí spíše univerzálně, náhodně a druhově nespecificky, je nutné je brát v úvahu (Théry-Parisot et al. 2010).

V rámci postdepozičních procesů se podobně jako u fragmentace během spalování nabízí otázka různého zachovávání uhlíků u jednotlivých druhů. Vliv taxonomické příslušnosti zde byl prokázán jako signifikantní u malých fragmentů s velikostí pod 4 mm. U větších kategorií je jediným druhem, který vykazuje větší míru fragmentace *Quercus* (Chrastavský et al. 2014). Obecně lze tedy říct, že „zákon fragmentace“ platí i zde. Jako výrazný faktor ovlivňující trvanlivost uhlíků se ale ukazuje stav spalovaného dřeva – uhlíky z čerstvého dřeva jsou několikrát odolnější než uhlíky z mrtvého nebo hnijícího dřeva (Théry-Parisot et al. 2010).

4 Regionální studie

4.1 Španělsko

Iberský poloostrov patří z pohledu antrakologické analýzy z archeologických kontextů k poměrně dobře prozkoumaným oblastem a to zejména díky svým vazbám na jižní Francii a autory tamní Montpelliérské školy. I v poslední době pochází ze Španělska relativně velké množství prací.

Základní poznatky o vývoji vegetaci Iberského poloostrova na základě uhlíků se objevují už v práci zabývající se celým západním Středomořím s těžištěm v jižní Francii (Vernet a Thiebault 1987). Postupně docházelo a stále dochází k jejich zpřesňování a to často pomocí kombinace různých paleoekologických metod.

Na výše uvedenou práci navazuje i Badal a kolektiv (Badal et al. 1994), kteří zkoumali sekvence uhlíků z 18 lokalit nacházejících se v okolí Alicante při jihovýchodním pobřeží Španělska. Soubory pochází jak ze sídlišť v jeskyních, tak mimo ně, a pokrývají zejména období od neolitu do doby bronzové. V době těsně poledové rekonstruuji vegetaci poměrně chladného, ale polopouštního charakteru s borovicí (*Pinus sylvestris*), jalovcem (*Juniperus sp.*) a roztroušenými opadavými stromy. V následném oteplení ustupuje jalovec a nastupují opadavé i vždyzelené druhy dubů (*Quercus sp.*).

Detailnější pohled na období neolitu na stejném území poskytuje novější práce autorů z univerzity ve Valencii (Badal et al. 2012). Začátek neolitu v této oblasti je datován do období kolem roku 5520 BC, kdy přicházejí první neolitičtí obyvatelé. Vliv staršího osídlení nebyl zjištěn, takže se předpokládá jejich příchod do nijak neovlivněné vegetace tvořené dobře vyvinutými mediteránními lesy s oběma typy dubů a teplomilnými prvky (*Olea*), které odrážejí podobné klimatické podmínky jako dnes. Během prvních cca 500 let osídlení se předpokládá hospodaření s vyrovnaným poměrem drobného pěstování plodin a chovu dobytka a možným cíleným managementem dubů za účelem získávání dřeva. V další fázi dochází k úbytku dubů a nástupu otevřenější krajiny s borovicí (*Pinus halepensis*). Tato změna se přisuzuje ne klimatickým, ale kulturním vlivům, konkrétně zvýšené intenzitě využívání krajiny pro pastvu. V poslední fázi již v pozdním neolitu ustupují vlhkomilnější druhy (duby, druhy břehových porostů) a nastupují druhy typické pro dnešní vegetaci matorralu (např. *Arbutus*, *Olea*). Zároveň dochází k další intenzifikaci zemědělství - úplné specializaci na chov dobytka a nejspíše i vypalování. V pozdější době po roce 4000 BC a přechodu do chalkolitu (eneolitu) a doby bronzové potom dominují druhy matorralu (Badal et al. 1994).

K méně detailním, ale obecně podobným závěrům dochází i Rodríguez-Ariza (Rodríguez-Ariza 1992), ve výzkumu z lokality Ronda, která se nachází více ve vnitrozemí. Zde ale ke změně následkem zemědělské činnosti dochází až výrazně později, v období mezi lety 800 – 600 BC.

Oblasti jihozápadního Španělska jsou prozkoumané poněkud méně, ale existující studie naznačují podobný vývoj (Espino 2011). Výrazná změna spojovaná s lidskou aktivitou se zde ale projevila až později v eneolitu (chalkolitu) a to zejména prudkým ústupem olivy (*Olea*). Ze stejné oblasti (okolí řeky Guadiana) ale už z území Portugalska pochází i práce z lokality z přechodu chalkolitu a rané doby bronzové (Tereso et al. 2011). Tato práce, i přes poměrně malý počet určení uhlíků, ukazuje na absenci velkých změn v tomto období, jen s určitým trendem k vegetaci sušších a teplejších podmínek.

Z oblasti severozápadního Španělska, respektive Katalánské planiny západně od Barcelony, pochází práce shrnující antrakologické analýzy z 18 lokalit datovaných od neolitu po raný středověk (Piqué et al. 2012). V neolitu a chalkolitu rekonstruují vegetaci s výrazným zastoupením opadavých i stálezelených dubů. Poté od rané doby bronzové (2700 – 1650 BC) dochází k výraznější změně, kdy duby postupně ustupují a začíná se šířit borovice (*Pinus halepensis*) a druhy otevřenější krajiny (*Arbutus unedo*, *Pistacia*), které dnes rostou v maquiích. To naznačuje dvě možné interpretace – buď možnost většího rozšíření tohoto typu vegetace už od zmíněného období, nebo interpretaci těchto druhů jako indikátorů odlesněné krajiny, ale ještě bez utvoření vegetace typu dnešní maquie. V pozdní době bronzové dochází opětovně k objevení se opadavých dubů a zároveň k využívání i drobnějších křovin (*Rosmarinus*). V době železné se potom opět zmenšuje zastoupení *Pinus halepensis* i nadále ve prospěch opadavých dubů. Tyto změny jsou nejspíše způsobeny vyčerpáním zdrojů v okolí sídlišť a rozšířením využívaného území. Obecným trendem během celého vývoje je zvyšování počtu využívaných druhů s tím, jak se lidský tlak rozšiřoval i na břehové porosty a vyšší polohy.

Z údolí řeky Ebro rovněž v severozápadním Španělsku pochází studie zabývající se zejména dendrologickým rozbořem spálených konstrukčních dřev (Marco 2007). Soubor pochází z období od chalkolitu do doby železné a vyznačuje se výhradním použitím jehličnanů (*Pinus* a *Juniperus*). Tyto druhy i přes velmi omezené možnosti souboru pro vegetační rekonstrukci ukazují na otevřenou krajinu, kde jak autoři navrhuji na základě mimo jiné i pylových analýz, mohly dominovat křoviny a tedy chybět druhy stromů lépe použitelné pro stavební potřeby.

Další práce pochází ze severní části Portugalska. První z nich (Figueiral a Terral 2002) se zabývá obdobím od pozdního paleolitu do neolitu. Na základě antrakologického materiálu z jeskynního sídliště rozlišuje dvě až tři vegetační fáze. První z nich spadá ještě do konce pleistocénu a ukazuje na chladnější a sušší podmínky s *Pinus sylvestris* a *Buxus sempervirens*. Zajímavá je ale přítomnost malého množství mediteránních teplomilných druhů (*Olea*, *Arbutus*), která dokazuje existenci jejich glaciálních refugií v dané oblasti. Druhá fáze je klimaticky podobná dnešku a vyznačuje se převahou teplomilných mediteránních prvků, kdy dominantou je zde *Olea*.

Stejná hlavní autorka se zabývala i dalším vývojem vegetace v Portugalsku od doby bronzové až do doby římské (Figueiral 1995 A, Figueiral a Bettencourt 2004). V době bronzové se ukazuje jako dominantní vztah opadavých dubů a skupiny *Fabaceae* (*Cytisus*, *Ulex* a další), kdy rostoucí tlak lidského osídlení zvyhodňuje právě *Fabaceae*, které rostou na otevřených stanovištích. Vývoj tedy měl v podstatě tři fáze: využívání původního lesa, nástup *Fabaceae* v souvislosti s odlesněním a nakonec nástup erikoidních druhů, vždy ale s určitými místními odchylkami. Interpretace těchto výsledků ale není zdaleka jednoznačná, jak ukazuje pozdější zdůraznění opatrnosti u některých dílčích částí zpracovávaného souboru (Figueiral 2005).

Z doby železné pochází kromě výše zmíněné práce zaměřené na delší časový interval z Katalánska (Piqué et al. 2012) několik dalších prací zaměřených spíše na otázky etnoarcheologické nebo s jen omezenými možnostmi vegetační rekonstrukce. Jedná se například o práci zabývající se materiálem ze staršího výzkumu hradiště z nejsevernější oblasti Španělska (Badal et al. 2012). Kvůli nesystematickému sběru uhlíků je v tomto případě možné pouze na základě přítomnosti jednotlivých druhů usuzovat na vegetaci s opadavými duby, borovicemi (*Pinus nigra* a *sylvestris*) a vřesem (*Calluna*) a skupinou bobovitých křovin (*Fabaceae*) v podrostu. Další práce se zabývají způsobem zpracování konkrétních druhů dřeva v severozápadním Španělsku (Martín a Carrión Marco 2011) nebo souborem uhlíků pravděpodobně rituálního původu z brány iberského oppida v okolí Valencie (Carrión Marco et al. 2011). Zde je možné opět jen na základě prezencí počítat s vždyzelenými duby, borovicí (*Pinus halepensis*), slivoní (*Prunus*) nebo olivovníkem (*Oliva*).

Výrazná je dále práce zabývající se z pohledu antrakologické analýzy postglaciální historií jediného druhu, *Pinus pinaster*, na území severního Portugalska (Figueiral 1995 B). Ta dokazuje její přítomnost během posledního glaciálu, potom opětovné šíření na severozápad zejména během doby bronzové a zejména její dříve zpochybňovanou původnost pro tyto oblasti. Na tuto práci a i další antrakologické výsledky navazuje práce kolektivu autorů (Rubiales et al. 2010), jinak založená hlavně na zjištěních pylové a makrozbytkové analýzy, zabývající se historií všech šesti druhů borovic Pyrenejského poloostrova (*Pinus uncinata*, *sylvestris*, *nigra*, *pinaster*, *pineae* a *halepensis*). Detailně rozebírá jejich glaciální výskyt v různých pohořích a pozdější holocénní úbytek v reakci na více vlhčí oceanické klima. Dále dokazuje jejich autochtonní původ, který byl dříve u některých druhů zpochybňován.

Další velkou prací vycházející také částečně ze závěrů antrakologických analýz je studie zabývající se vývojem zejména dřevinné vegetace v pozdním glaciálu a holocénu v měřítku celého Pyrenejského poloostrova (Carrión et al. 2010). Řeší mimo jiné otázku refugií a šíření dubů, výrazný vliv člověka na utváření lesní vegetace a poukazuje na velké regionální rozdíly a obecné trendy ukazující spíše na

dlouhodobou stabilitu (resilienci) a změny probíhající po dosažení určité hranice v časově omezených obdobích, část právě v reakci na lidskou činnost.

4.2 Francie a Belgie

Na univerzitě v Montpellier došlo v podstatě k založení moderní antrakologické analýzy a stále se zde nachází jedno z jejích velmi aktivních center. Výsledkem toho je velmi dobrý stav poznání o vývoji vegetace zejména jižní Francie, respektive celého západního Středomoří i dalších oblastí.

Velkou kompilační prací mnoha jednotlivých výzkumů je práce dvojice autorů, patřících k vedoucím osobám celé antrakologické analýzy (Vernet a Thiebault 1987). Zabývá se zejména územím jižní Francie a stanovuje na základě uhlíků 4 základní fáze vývoje vegetace tohoto regionu. V době na konci posledního glaciálu a těsně po něm rekonstruují autoři vegetaci lesostepního charakteru s dominancí nejprve *Pinus sylvestris* a později *Juniperus*. Holocénní oteplení má za následek nástup druhé fáze (cca 8000 – 6000 BP) s dominujícími lesy opadavých dubů (hlavně *Quercus pubescens*) s přítomnými teplomilnými druhy v menším zastoupení. V dalším vývoji potom od neolitu dochází k vzrůstajícímu lidskému tlaku, který má za následek nástup právě již dříve přítomných teplomilných druhů. Během této třetí fáze (6000 – 4000 BP) se jedná zejména o vždyzelené duby (hlavně *Quercus ilex*), *Buxus* a *Pinus halepensis*. V poslední čtvrté fázi (od 4000 BP) dochází k ustanovení vegetace typu garrigue následkem dále vzrůstajícího lidského tlaku.

Toto základní rozdělení bylo dále postupně zpřesňováno a popisováno pro konkrétní lokality dalšími navazujícími výzkumy a studii. První z nich (Heinz a Thiebault 1998) vychází z výzkumů z jeskyní a převisů nejjižnějšího cípu Francie a v některých výsledcích se od první práce mírně liší. V době kolem 9000 BP se ukazuje mozaikovitá vegetace dominovaná opadavými duby ještě s *Juniperus* a postupně i s vždyzelenými duby. Tato odpovídá fázi dvě, ale nástup jak nejprve opadavých, tak později vždyzelených dubů, zde nastává asi o tisíc let dříve. Dalším rozdílem je potom naopak pozdější projevení se lidského vlivu (nástup teplo- a světlomilných druhů), který je zde během raného a středního neolitu mírný a výrazně se projevuje až v neolitu pozdním.

Další práce pochází z výzkumu jeskyně už v předhůří Pyrenejí a pokrývá období od středního neolitu po dobu bronzovou (Heinz et al. 2004). Detailněji ukazuje na výraznější změnu během chalkolitu, kdy se mozaikovitá krajina utvářená lidským vlivem během neolitu a dominovaná vždyzelenými duby mění ústupem jak opadavých tak vždyzelených dubů a nástupem druhů typických pro garrigue (*Cistus*, *Phillyrea*, *Rhamnus*). Později během doby bronzové dále ustupují druhy lesů (hlavně opadavé duby) a teplomilné druhy bezlesí dále přibývají, až na konci doby bronzové dojde k výraznému nárůstu uhlíků vřesu (*Erica*). Zajímavou je otázka zastoupení jednotlivých druhů vždyzelených dubů – *Quercus coccifera* a *ilex*, které jsou anatomicky nerozlišitelné. Vzhledem k tomu, že zastoupení tohoto typu

uhlíků postupně během vývoje klesá, usuzují autoři na *Quercus ilex*, který je konkurenčně slabší. Pokud by se jednalo o *Quercus coccifera*, který je typickým druhem pro garrigue, jeho zastoupení by spíše stoupalo.

K lehce odlišným výsledkům dochází práce pocházející ze záchranných výzkumů během stavby dálnice z oblasti ležící jen o něco severněji (Figueiral et al. 2011). Sleduje období od neolitu po dobu římskou a naopak usuzuje na velmi silný lidský tlak už ve středním neolitu, jehož následkem byla krajina pozdního neolitu už velmi otevřená s lesy jen v periferních oblastech.

Dvě další práce pocházejí z oblasti více na východ, z povodí Rhôny v podhůří Alp. Těžištěm první z nich jsou sedimentologické analýzy a zachycuje období od mesolitu po začátek doby bronzové (Berger et al. 2015). Kromě nich se ale zabývá i malakologickým rozbořem, analýzou fytolitů a uhlíky jak z archeologických situací, tak přírodních sedimentů. V mesolitu uhlíky zachycují mírný vliv člověka v podobě přítomnosti vždyzelených dubů. Poté následuje delší doba sice bez známek osídlení, ale zato s větším počtem požárových událostí s periodou asi 150-250 let. Jejich příčinou kupodivu pravděpodobně nebyl člověk, ale klimatické změny hlavně v sezonalitě, protože období větší frekvence požárů končí s opětovným rozvojem osídlení ve středním neolitu. Celkově dominují opadavé duby, s postupným přibýváním dubů vždyzelených, jasanu, borovice a *Pomoidae*. Analyzované sedimenty mají dobré chronologické rozlišení na úrovni jednotlivých fází neolitu a odhalují mimo jiné například vlhkou periodu kolem roku 7500 BC s větším zastoupením *Salix/Populus*.

Druhá z prací z tohoto regionu se zabývá historií vlhké části přímo středního údolí Rhôny (Delhon et al. 2013) a pracuje s uhlíky z archeologických situací a analýzou vodou nasyceného dřeva z přírodních sedimentů, konkrétně zazemněných říčních ramen. Od neolitu zde došlo k postupné přeměně zapojeného lesa s jasanu a olší ve vlhčích částech a dubem v sušších partiích k otevřené pastevní krajině s občasnými olšemi a zbytky dubových porostů na sušších periferiích. Někdy po době železné (kvůli špatně zachované části sedimentů není jasné kdy přesněji) došlo k výměně jasanu olšemi, možná jako následek pastvy. Zajímavou otázkou je i vysvětlení přítomnosti malého množství buku a jedle v souboru. U buku se autoři přiklání k názoru, že mohl růst v nezralejších stadiích lesa na sušších stanovištích a u jedle předpokládají druhotný transport z vyšších poloh.

Další práce pocházejí z oblastí více na západ, z horského prostředí Alp. První z nich pochází z horského masivu Chartreuse severně od Grenoblu a zabývá se výzkumem mezolitického a neolitického dočasného loveckého tábora ve výšce 1750 m. n. m. (Martin et al. 2015). Kromě uhlíkové analýzy je zde využita i analýza makrozbytků a pylových profilů z okolí. Během celého zkoumaného období jsou výraznou dominantou uhlíky typu *Pinus sylvestris*, kterou na základě dnešní vegetace autoři ztotožňují s *Pinus mugo subsp. uncinata*. Z mesolitu pochází prakticky pouze nálezy *Pinus*, což ukazuje na

využívání jen nejbližšího okolí. V neolitu potom přibývají i další druhy pocházející evidentně i z nižších a vzdálenějších poloh. Jedná se o druhy jako *Betula*, *Acer*, *Prunus*, *Maloidae* nebo vlhkomilné druhy břehových porostů, které ukazují na velkou zdrojovou oblast a pravděpodobné spojení s trvalými osadami v nižších polohách. Zajímavé je, že analýzy pylu a makrozbytků neukazují na žádný zachytitelný lidský vliv na vegetaci.

Další práce se zabývá vývojem oblasti Ecrin (v jižních francouzských Alpách poblíž města Briançon) od mesolitu do středověku na základě uhlíků, pylové analýzy a archeologie (Walsch et al. 2014). V mesolitu autoři počítají s fungováním lovecko-sběračských skupin kolem horní hranice lesa, které na vegetaci prakticky neměly vliv. V neolitu začínají být pro pastvu využívány i vysoko položené oblasti nad horní hranicí lesa. Intenzifikace tohoto způsobu využívání krajiny vede na přechodu neolitu a doby bronzové ke snižování horní hranice lesa, asi i s využitím vypalování. Zároveň dochází k odlesňování odspodu z oblastí s trvalým osídlením. Dále během doby bronzové a železné kupodivu lidský tlak na vegetaci nesílí a prakticky nedochází k výraznějším změnám. Až později v době římské opět dochází k dalšímu odlesňování. Během celého popsaného období vývoje lesa je hlavním trendem stabilita a nedochází k větším změnám druhového složení, kdy v nižších polohách dominuje buk, ve vyšších polohách jedle s bukem a směrem k horní hranici lesa potom modřín a bříza.

Dvojice prací zabývajících se obdobím neolitu v oblasti ležící severněji, v pohoří Jura poblíž švýcarských hranic a nedaleko Ženevy, je svými možnostmi a výsledky mezi ostatními antrakologickými studiemi unikátní. První z nich (Dufraisse 2006) se zabývá dvěma nákolními osadami na břehu jezera Clairvaux, konkrétně obdobím datovaným dendrochronologicky mezi roky 3700 – 3550 BC. Jedná se o vodou nasycenou lokalitu s dobře zachovanými dřevěnými konstrukcemi, což umožňuje mnohem lépe než obvykle rozlišit uhlíky z domácích ohnišť. Souboru uhlíků z první osady dominuje *Fraxinus*, v menších počtech potom vyrovnaně *Corylus*, *Quercus* a *Fagus*. Sekundárními druhy jsou *Acer*, *Tilia*, *Ulmus* a i druhy světlomilné jako *Rhamnus cathartica*, *Betula* nebo *Pomoidae*. S dendrologické analýzy vychází použití menších průměrů dřeva do 15 cm. Zachycené spektrum ukazuje na využívání převážně jasanových lesů na aluviálních terasách, které jsou pro dub a buk příliš vlhké. Zajímavé je zde i porovnání uhlíků se souborem nezuhebnatělých dřevěných třísek pravděpodobně ze stavebního odpadu, který vykazuje mnohem rovnoměrnější zastoupení druhů. Soubor z druhé osady je vyrovnanější – *Fagus*, *Quercus* a *Fraxinus* zde mají přibližně stejné zastoupení kolem 20% a sekundárními druhy zde jsou *Acer*, *Tilia*, *Ulmus* a *Abies*. Poměrně velké zastoupení mají i druhy spíše sekundárních stanovišť jako *Corylus* (8%), *Pomoidae*, *Salix* a *Populus*. Průměry použitého dřeva jsou většinou menší, s výjimkou javorového dřeva s průměry mezi 10 a 25 cm. Soubor ukazuje na využívání dvou typů lesa – vlhkých aluviálních lesů s *Fraxinus*, *Corylus* a *Pomoidae* a obvyklých dubo-bukových lesů s příměsí *Acer*, *Tilia*, *Ulmus* a ve vyšších polohách i *Abies*. Z porovnání s nezuhebnatělými nejen

konstrukčními dřevy vyplývá závěr týkající se různého využití jednotlivých druhů dřevin. Nejčastější druhy (*Quercus*, *Corylus*, *Fagus*) byly používány univerzálně pro všechny účely, ale druhy méně běžné a s určitým specifickým využitím (konstrukce, podestýlka a krmivo) se prakticky nepálily.

Velmi podobnou situací na sousedním jezeře Chalain, se zabývá i druhá z dvojice prací od stejné autorky (Dufraisse 2008). Výzkumy zdejší nákolní osady se zabývají dendrochronologicky datovaným obdobím mezi lety 3040 a 3000 BC. V rámci tohoto období jsou potom odlišeny a vzájemně porovnávány čtyři různé stavební fáze. Výsledné časové rozlišení je tedy přibližně 10 let, což je v porovnání s běžnými paleoekologickými výzkumy zcela extrémní. Podobně jako v předchozí práci se autorka snaží o striktní zpracování pouze vrstev s uhlíky z domácích ohnišť. Celkově rekonstruované složení vegetace dost připomíná současné podmínky na lokalitě. V první fázi dominují *Quercus*, *Corylus* a *Fraxinus*, v menších množstvích jsou zastoupeny *Fagus*, *Cornus*, *Rosa* a *Tilia*. V druhé a třetí fázi se mění poměry jednotlivých druhů. Pravděpodobně následkem rozšíření využívané oblasti i do vyšších poloh, se nejpočetnějším druhem stává *Fagus*. V menších počtech se vyskytují i *Quercus*, *Fraxinus* a vlhkomilné druhy. Ve čtvrté fázi se dominantním druhem stává *Fraxinus*, přibývá *Corylus* a naopak ubývají *Quercus* a *Fagus*. Pravděpodobně se jedná o efekt změny na sekundární les s *Fraxinus* a *Corylus*. Změny v používaných průměrech dřeva nejspíše souvisí se změnami zdrojové oblasti nebo méně pravděpodobně s jednotlivými fázemi výstavby osady. Závěr týkající se různého využití jednotlivých druhů dřeva je zde oproti předchozímu článku rozšířen o konkrétní druhy. Univerzálně používané běžné druhy jsou zde stejné a konstrukční využití je přisuzováno například *Abies*, *Clematis vitalba* nebo *Hedera helix*. Nezuhebnatělé drobné větvičky interpretované jako podestýlka nebo krmivo přísluší druhům *Abies*, *Ulmus*, *Alnus*, *Viscum*, *Euonymus* nebo *Taxus*.

Další studie porovnává výsledky z výše rozebíraných výzkumů nákolních osad s uhlíky ze sedmi sídlišť raného neolitu ze střední Belgie z pohledu získávání dřeva a jeho vlivu na vegetaci (Salavert a Dufraisse 2014). Klíčovým propojujícím prvkem je absence lidského vlivu na krajinu v době před sledovaným obdobím. V Belgii je v první fázi osídlení relativně málo zastoupených druhů, dominují *Quercus*, *Fraxinus* a *Corylus*, a v menší míře jsou přítomny *Ulmus* a *Tilia*. V druhé fázi se diverzita více jak zdvojnásobuje ze čtyř až pěti druhů na čtrnáct. Dominantní jsou nadále *Quercus* a *Fraxinus* (35 a 24%), *Corylus* a *Maloidae* tvoří každý kolem 14% a dále jsou přítomny *Sambucus*, *Ulmus* a *Prunoidae*. Výrazná je změna v zastoupení světlomilných druhů, zejména *Maloidae*, ukazující na rozšíření společenstev lesních lemů. Tuto prudkou změnu v Belgii oproti v podstatě stabilitě ve východní Francii autorky zdůvodňují několika závěry. V Belgii s výrazně plošším reliéfem předpokládají homogennější vegetaci v počátku osídlení. Další rozdíl vidí ve způsobu hospodaření, kdy v Belgii bylo hospodaření koncentrovanější s trvalejšími obdělávanými plochami na území omezeném dalšími osadami v okolí,

což mělo za následek intenzivní využívání lesa v blízkém okolí osady. Oproti tomu v Juře fungovaly osady spíše krátkodobě, s extenzivním hospodařením a s možností expanze využívané plochy.

Směrem k severu se na území Francie frekvence antrakologických studií poněkud zmenšuje. První práce se zabývá syntézou antrakologických a palynologických výsledků z většinou záchranných výzkumů proběhlých během posledních dvaceti let v Pařížské pánvi (Leroyer et al. 2011). Dílčí analýzy pochází jak z archeologických situací, tak ze sedimentů přírodního původu. První z fází vývoje vegetace (9200 – 8200 cal. BC) odpovídající preboreálu je definovaná pouze na základě palynologie a ukazuje na dominanci borových lesů. Druhá fáze (8200 – 6800 cal. BC) je podle uhlíků popsána rozšířením lísky na úkor borovice a z pylu potom objevením se pionýrských bylinných druhů typických pro pozdější dubové lesy. Třetí fáze, která je časově velmi dlouhá (6800 – 800 cal. BC), ukazuje na první stopy lidského vlivu a odpovídá rozmachu opadavých dubových lesů s druhy jako *Quercus*, *Fraxinus* nebo *Tilia*. Ke konci tohoto období postupně narůstá přítomnost *Fagus* a *Taxus*, ukazující na přibývání vlhčích typů těchto lesů. Poslední fáze (od 800 cal. BC) je typická dále narůstajícím lidským vlivem a přítomností dubobukových lesů. Celkově se výsledky pylové a antrakologické analýzy poměrně dobře shodují.

Převážně z Bretaně pochází studie zabývající se antrakologickou a dendrologickou analýzou z lokalit od neolitu po středověk, s hlavním zaměřením na srovnání neolitu a doby železné (Marguerie a Hunot 2007). Autoři popisují zpočátku dubové lesy a poté postupné odlesňování až degradaci lesů v pozdní době železné, a to jak na základě druhového složení uhlíkového souboru tak ročních přírůstků, ukazujících na otevřenější krajinu. Stejný trend se projevuje i v konstrukci staveb, kdy neolitické domy jsou stavěny z velkých trámů a postupně se přechází na menší stavby s proutěnými stěnami. Kulminace odlesnění v době železné také časově koresponduje se vznikem vřesovišť.

Vegetací období neolitu se zabývá i práce vycházející z výzkumů 24 lokalit v severní Francii a Belgii (Salavert 2011). Celkovou dominantou je zde dub, líska je zastoupena v menší míře, ale prakticky na všech lokalitách, a jasan je zastoupen různě podle lokálních podmínek jednotlivých lokalit. Zpočátku neolitu je více zastoupen jilm a lípa a naopak ke konci neolitu přibývá zastoupení buku. Zvláštním jevem je velmi prudký nárůst *Pomoidae* a *Maloidae* v druhém období kultury s lineární keramikou, který autorka vysvětluje možným zavedením využívání lesních lemů.

Další práce vychází ze záchranných výzkumů při stavbě trati v Alsasku poblíž Štrasburku (Nocus et al. 2011). Podařilo se prozkoumat lokality z neolitu, doby halštatské (rané doby železné) a pozdní doby železné a kromě uhlíků byly využity i off-site pylové profily. V neolitu autoři rekonstruují spíše uzavřený les jen s mírným lidským vlivem. To se mění v rané době železné, kdy dochází k výraznému odlesnění. V pozdní době železné v souboru uhlíků opět přibývají lesní druhy, což ale bylo způsobeno spíše změnou managementu a rozšířením využívané oblasti, protože pylová analýza na návrat lesa neukazuje.

Dvojice úzce souvisejících prací pochází z území Belgie, z oblasti ústí řeky Šeldy poblíž Antverp (Deforce et al. 2013 a Deforce et al. 2014). Zpracovávaný materiál pochází z prakticky stejné lokality a i výsledky se velmi dobře shodují. Soubor pochází z tábora z přechodového období mesolit-neolit, přibližně v letech mezi 4500 – 4000 cal. BC, který se nacházel na vrcholu písečné duny ve vlhké aluviální krajině ústí řeky. Kromě uhlíků se studie zabývá i analýzami makrozbytků a pylů. Z 18 určených druhů jsou dominantní *Quercus* a *Alnus*, sekundárními druhy jsou potom *Fraxinus*, *Corylus* a *Maloidae*. Dále jsou přítomny *Frangula*, *Tilia*, *Ulmus*, *Cornus* a zajímavě někdy i ve větších množstvích *Viscum*. Výraznou přítomnost jmelí spolu s velkým množstvím semen břečťanu (*Hedera*) ve výsledcích makrozbytkové analýzy považují autoři za indikaci jejich využití jako krmiva pro dobytek. Makrozbytková analýza zde zachycuje neobvykle menší množství druhů než uhlíky, ale její výsledky, stejně jako výsledky analýzy pylové, s antrakologií dobře souhlasí. Na suchých vrcholcích dun je rekonstruován druhově bohatý tvrdý luh s dubem, jilmem, lípou i dalšími druhy. Ve sníženinách v okolí dun se potom nacházely permanentně vlhké olšiny se stabilní hladinou vody. Vlhká stanoviště s fluktuující hladinou vody se pravděpodobně (zejména na základě absence uhlíků *Salix* i podle pylů) nacházela až ve větší vzdálenosti od tábora.

4.3 Německo

Z území Německa pochází překvapivě málo mezinárodně publikovaných prací zabývajících se paleoekologickými otázkami na základě souborů uhlíků z archeologických situací, a to i přesto, že antrakologická metoda jako taková je zde používána již delší dobu.

Soubory jak uhlíků, tak subfossilních dřevěných nálezů, pochází z několika velkých starších archeologických výzkumů, zabývajících se významnými vodou nasycenými lokalitami, s velmi dobrými podmínkami pro zachování dřevěných nálezů. U těchto souborů ale chybí až později zavedené metodologické postupy pro sběr paleoekologických dat, takže jejich možnosti pro vegetační rekonstrukci jsou jen omezené.

První z nich pochází z výzkumu keltských Viereckschanze z 2. stol. BC u vesnice Fellbach poblíž Stuttgartu, který proběhl v sedmdesátých letech (Planck et al. 1982). Soubor obsahuje kromě dřevěných artefaktů v podobě například unikátních dřevěných sošek, i přes 500 kusů větví, u kterých došlo k taxonomickému určení. Nejpočetnějšími druhy byly (v pořadí od nejčastějšího) *Corylus*, *Quercus*, *Acer*, *Clematis*, *Carpinus* a další. S určitým využitím těchto určení, ale primárně na základě analýzy makrozbytků, potom autoři předpokládají v daném období les s dominantním dubem a s příměsí javoru, třešně a habru. Mezi dalšími jen málo zastoupenými druhy předpokládají i buk a konstatují, že malé plochy podobného lesa je možné najít v okolí lokality i dnes.

Taktéž z laténského období, na základě dendrochronologie konkrétně hlavně z doby mezi roky 184 a 53 BC, pochází soubor dřevěných artefaktů z výzkumu sídliště na lokalitě Porz-Lind, v podstatě na předměstí Kolína nad Rýnem (Joachim 2002). Dřevo cca 1200 artefaktů zachovaných ve vodou nasycených podmínkách bylo taxonomicky určeno. Téměř polovinu tvoří dub a menší části potom olše, bříza a vrba. Zbytek druhů je zastoupen spíše v jednotkách kusů.

Další z těchto souborů pochází z výzkumu kultovních míst na břehu tůně u osady Oberdorla, poblíž Erfurtu ve středním Německu (Jacob 2003). Jedná se o soubor uhlíků a subfossilních dřev pocházející z období od pozdní doby halštatské do doby římské (6. stol. BC – 4. stol. AD). Soubor cca 1700 uhlíků obsahuje 15 druhů, přičemž nejvíce jsou zastoupeny buk, lípa, javor, dub a líska. Soubor nespálených dřev obsahuje cca 600 kusů a dominují zde líska, buk, hloh, dub a jasan. Autoři předpokládají velký vliv konkrétních rituálů na druhové složení souborů.

Další studie už je svým zaměřením paleoekologická a zabývá se materiálem z deseti neolitických sídlišť náležících k nejranější fázi kultury s lineární keramikou v Německu a Rakousku (Kreuz 1992). Výsledky antrakologické analýzy jsou překvapivě pro všechna sídliště, která jsou od sebe vzdálená i stovky kilometrů, velmi podobné. Autorka uvádí pouze tabulku přítomností jednotlivých druhů na lokalitách a ne celkové počty ani procentuální zastoupení. Na základě úvahy, že soubory by celkově měly obsahovat výrazně větší zastoupení například lípy, vrby, krušiny nebo olše, nepovažuje materiál za reprezentativní průměr původní vegetace. Práce dále obsahuje úvahy nad možnostmi a způsoby získávání dřeva a navrhuje hypotézu lesních lemů na okrajích obdělávaných polí jako hlavního zdroje palivového dřeva.

Obdobím neolitu se zabývá i novější práce ze severního Německa (Jansen a Nelle 2011). Ta se zabývá materiálem z různých kontextů neolitického osídlení – sídlišť, pohřebních mohyl i objektů neznámého účelu. Soubory ukazují dobře na lokální podmínky konkrétní lokality a obecně v nich dominují dub a líska, na některých místech je výrazné i zastoupení *Maloidae*. Ze severněji položených lokalit s vlhčím klimatem pochází větší množství uhlíků olše a jasanu, zatímco ze sušších jižnějších lokalit více borovice. Postupně stoupající zastoupení světlomilných druhů ukazuje na otevírání krajiny následkem lidského využívání.

Další práce se zabývá jednou konkrétní lokalitou nebo spíše oblastí zahrnutou v předchozí studii (Jansen et al. 2013). Jedná se o okolí Flintbeku ve Šlesvicko-Holštýnsku na severu Německa, kde zpracovává uhlíky z padesáti různých míst, zejména z období neolitu ale přesahující až do doby bronzové. Jsou zde porovnávány uhlíky z ohnišť a konstrukcí hrobů s výplněmi jam a pohřebními vrstvami, přičemž druhé dva typy jsou častěji kontaminovány jak novějším tak starším materiálem. Z počátku neolitu jsou zde rekonstruovány uzavřené lesy s dominancí buku a jasanu a přítomností lípy

a břízy. Už během raného neolitu dochází následkem lidského tlaku k nárůstu lísky a *Maloidae* a postupnému odlesňování, které kulminuje kolem roku 3100 cal. BC. Později kolem 2900 – 3000 cal. BC dochází k ústupu lidského osídlení, který má za následek zpětný nárůst lesních druhů, zejména jasanu, a ústup *Maloidae*. Obecně se zdají být jasan a *Maloidae* negativně korelovány. *Maloidae* ustupují i v následujícím vývoji, poté v době bronzové dochází k jejich opětovnému nárůstu a až v době železné mizí úplně. Lidský impakt na krajinu je výrazný v rané době bronzové, v pozdní době bronzové opět ustupuje. V době železné se v materiálu objevuje habr a výrazný lidský vliv přetrvává. V celém záznamu zcela chybí buk. Dendrologická analýza sledující minimální průměry používaného dřeva neukazuje na žádné změny během vývoje, což autoři přisuzují obdobím bez lidského vlivu, kdy měl les čas zregenerovat.

Velmi rozsáhlá multidisciplinární studie, obsahující kromě geofyzikálních a chemických analýz i analýzy fytolitů, kostí, měkkýšů nebo uhlíků, se zabývá polokulturním pravěkým sídlištěm u osady Niederröblingen západně od Lipska (Lubos et al. 2013). Lokalita poskytla materiál pro sledování vývoje od raného neolitu až po dobu římskou. Celkově nejvíce zastoupenými typy uhlíků jsou *Quercus* a *Fagus*, které jsou dominantní během celého vývoje a v menší míře (trochu zvláštně) *Tilia/Prunus*, *Acer*, *Salix*, *Fraxinus*, *Corylus* a další. V raném neolitu je poměrně výrazné zastoupení druhů lužního lesa a ovocných stromů. Poté dochází k hiátu v osídlení až do pozdního neolitu, kde se navíc objevují v malém množství pionýrské druhy, ukazující na lehký lidský vliv na vegetaci. Raná doba bronzová je podobná předchozímu období. K nejvýraznější změně dochází ve střední době bronzové, kdy náhle mizí ze záznamu jak ovocné, tak vlhkomilné stromy. Pravděpodobně tehdy došlo k vykácení porostů lužního lesa a jeho nahrazení pastvinami a loukami a zároveň k počátku využívání vzdálenějších ploch pro získávání dřeva. Celkově se lidský vliv na krajinu změnil z poměrně mírného na silný, který měl možná za následek i nedostatek dřeva a následný přechod z roubených staveb na stavby z proutí a jílů. V pozdní době bronzové se objevuje *Betula*, která může ukazovat na částečně otevřenou krajinu a sekundární zarůstání. V době železné a římské se více uplatňují pionýrské druhy, ale celkové množství uhlíků je menší, možná kvůli nedostatku dřeva. Celkově se stupňování lidského impaktu v okolních oblastech projevilo i ve zvýšení hladiny spodní vody a vyšší aggradaci.

4.4 Rakousko a Maďarsko

První z uvedených prací se zabývá oproti těm následujícím chronologicky starším obdobím, paleolitem, a k zajímavým zjištěním dochází kombinací antrakologické a dendrochronologické analýzy (Cichocki et al. 2013). Materiál pochází podle C14 datování ze začátku Würmského stadiálu (kolem 31 000 cal. BP) z paleolitického tábora na plošině nad Dunajem u města Krems, jehož poloha umožňovala dobrý výhled na stáda zvěře migrující podél řeky. Uhlíky pochází ze dvou ohnišť a jsou rozděleny na dvě kategorie – malé získané flotací a velké fragmenty, u nichž byla zaznamenána přesná poloha a které byly

podrobeny dendrochronologické analýze. Ta pomohla rozlišení jinak nezjistitelných fází, ukazujících na dlouhodobější charakter využívání. Přesné dendrochronologické datování ukázalo na přítomnost různě starých kusů dřeva v rámci jedné vrstvy, kterou autoři interpretují jako směsné využívání místního dřeva a dřeva naplaveného, tedy staršího. Druhové složení ukazuje na dominanci *Pinus sp.* (*Pinus sylvestris*, *mugo* a *cembra*) a *Larix/Picea*. Po jednom fragmentu potom náleží buku a snad jedli.

Následující práce spojuje osoba jednoho ze spoluautorů, Klause Oeggla z univerzity v Innsbrucku. Nejstarší z této trojice prací zkoumá soubor uhlíků z prehistorických dolů na měď v Tyrolsku, nedaleko východně od Innsbrucku (Heiss a Oeggl 2007). Zabývá se jak uhlíky přímo z dolů, tak ze zpracovatelských stanovišť v jejich okolí a to v období od pozdní doby bronzové do rané doby železné. Uhlíky pocházející přímo z dolů přísluší pouze dvou typům – *Abies* a *Picea/Larix*, což ukazuje na technologicky zaměřený cílený výběr. Ze sledovaných dendrologických charakteristik vyplývá, že v dolech se používalo i dřevo větších průměrů a díky zaznamenané přítomnosti houbových hyf často o dřevo mrtvé. Soubor ze zpracovatelských stanovišť je druhově podstatně bohatší a je druhovým složením velmi podobný současným podmínkám na lokalitě. Dominantními druhy jsou *Fagus*, *Abies* a *Larix/Picea*, v menší míře jsou zastoupené světlomilné druhy jako *Pinus*, *Betula* nebo *Sambucus*. Zaznamenan byl i naopak stínomilný *Taxus*. Proporce jednotlivých druhů odpovídají předpokládané vegetaci pro dané období a ukazují na určitou přítomnost otevřenějších míst. Podle autorů to sice může ukazovat na mírný lidský vliv na les, ale rozhodně ne nutně, protože podobné proporce světlomilných druhů mohou odpovídat i přírodnímu lesu. Zajímavá je i informace, že vzorky z jedné lokality se po radiokarbonovém datování ukázaly jako recentní, s původem v tábornickém ohni. Jejich druhové složení víceméně odpovídá současným smíšeným lesům a podíl buku v nich odpovídá jeho zastoupení ve vzorcích z doby bronzové.

Další studie pochází ze západního Rakouska z alpského údolí Montafon (Schwarz a Oeggl 2013). Zabývá se hradištěm a přilehlými sídlišti převážně z doby bronzové a kromě uhlíků a jejich dendrologických charakteristik zkoumá i makrozbytky a pylové profily z okolí. V rané době bronzové je výrazně dominantní typ *Picea/Larix* (70%), dalšími druhy jsou potom *Fagus* (10%) a *Abies* (4%). Přítomny jsou i druhy raných sukcesních stadií (*Corylus*, *Pinus*, *Maloidae*), ale jen ve velmi malém množství. Ve střední době bronzové dochází k výraznému nárůstu světlomilných druhů – *Corylus* na 17%, *Alnus* na 7%, *Betula* na 3% a další. Naopak ustupuje zastoupení buku. Tato změna ukazuje na velký lidský impakt na krajinu, s kterým nejsou v rozporu ani informace z pylových profilů. Některé z velkých a dobře zachovaných uhlíků *Fagus* vykazují prudké zmenšení přírůstků, ukazující asi na jejich využívání technikou pollardingu.

Delším obdobím od pozdního neolitu po ranou dobu bronzovou se zabývá práce z výšinného sídliště v údolí Innu u Innsbrucku (Schwarz a Oegg 2015). Přímo z objektů na sídlišti pochází jen část souboru, většina byla získána z odpadních vrstev na okrajích lokality. V pozdním neolitu autoři rekonstruují smíšené jehličnaté lesy s *Picea/Larix*, *Abies* a velmi malým množstvím buku. V přilehlé rokli potom předpokládají listnatý les s *Acer*, *Fraxinus*, *Tilia*, *Ulmus* nebo *Lonicera*. Světломilné druhy jako *Picea*, *Corylus*, *Sorbus* a *Quercus* ukazují na malé otevřené prostory v okolí. Autoři dále rozlišují období přímo na konci neolitu, kdy v hlavní lesní formaci přibývá *Fagus*. Ve svahovém lese v rokli se objevuje *Taxus* a přibývá světломilných druhů. Naopak ubývá stínomilných *Abies* a *Acer*. V rané době bronzové dále zpětně přibývá *Fagus*. Ze světломilných druhů přibývají *Pinus* a *Quercus* ale naopak ubývají *Corylus* a *Maloidae*. Ze střední doby bronzové pochází poměrně málo uhlíků, ale hlavními druhy jsou zde jehličnany. Z listnáčů se vyskytuje *Fagus*, *Acer* i další druhy. Celkově je vegetace během vývoje podobná dnešku. Část uhlíků pocházející z objektů přímo na ploše sídliště a určených hlavně jako jehličnany a dub, pochází z použití dřeva větších průměrů, což ukazuje na jejich původ v konstrukcích.

Další práce se zabývá materiálem z velké osady až téměř městského charakteru, která byla odhalena v severním Rakousku východně od města Horn a datovaná do velmi krátkého období mezi lety 260 a 230 BC ve středním latěnu (Kohler-Schneider et al. 2014). Hlavním zaměřením jsou zde ostatní rostlinné makrozbytky a výsledky analýzy uhlíků z jednoho z rituálních míst a objektu sýpky jsou zde pouze shrnuty. Důvodem je, že byly již publikovány dříve, bohužel ale v němčině (Grabner 2003 podle Kohler-Schneider et al. 2014). Výraznou dominantou souboru je dub, sekundárními druhy potom habr a buk. U buku a malého množství jedle je předpokládán původ ve dřevě importovaném ze vzdálenějšího okolí, u buku možná už v podobě dřevěného uhlí. Obecně ze všech analýz vyplývá rekonstrukce velmi otevřené krajiny s ornou půdou, úhory, pastvinami, loukami a jenom zbytky degradovaných lesů.

Nejspíše jedinou prací zabývající se obdobím neolitu v Maďarsku, je studie z pěti lokalit rozložených podél řeky Tisy ve východní části země (Moskal del-Hoyo 2013). Sídliště, která jsou od sebe poměrně vzdálená, ale vyznačují se velmi podobnými celkovými podmínkami, fungovala různě během období od raného do pozdního neolitu. V souboru uhlíků jsou výrazně dominantní *Quercus* a *Ulmus*. Ze zastoupení i dalších druhů autoři rekonstruují tři základní typy dřevinné vegetace. Jsou to otevřené stepní dubové lesy v okolí sídlišť, v záplavových zónách lesy s dubem, jasanem a jilmem, a přímo na říčních březích porosty vrby a topolu. Světломilné druhy jako *Cornus* (který je zde častým uhlíkovým typem), *Rosaceae* a *Corylus* ukazují na otevřenost lesů. Zastoupení těchto druhů také stoupá se vzrůstajícím lidským vlivem. Málo množství uhlíků *Pinus* ukazuje na její sporadický výskyt na písčitých půdách. Zajímavé je i porovnání antrakologie s pylovými záznamy. Antrakologie zde dokázala

přítomnost *Carpinus* v lesích říčního aluvia, což dříve naznačovala právě pylová analýza. Naopak v pylech velmi významná *Corylus* se v uhlíkovém souboru projevuje jen velmi marginálně.

Následující dvojice prací z Maďarska pochází od téměř stejného kolektivu autorů. Jedná se o práci ze záchranného výzkumu při stavbě dálnice na okraji Dunajské nížiny, prakticky na předměstí Budapešti (Náfrádi et al. 2011). Kromě uhlíků z jak krátkodobých, tak syntetických archeologických kontextů se zabývá i pylovým materiálem. Uhlíky pochází z časového intervalu od eneolitu po Sarmatské období do roku 400 AD. Během téměř celého vývoje se v souboru nachází v podstatě jen *Quercus*, pouze s minimálními počty *Fraxinus*, *Ulmus* a *Salix/Populus*. Změna nastává až v Sarmatské období, kdy výrazně vzrůstá diverzita a objevují se *Prunus*, *Pomoidae*, *Abies*, *Fagus*, *Acer* i další druhy. V tomto období došlo výrazné odlesnění do takové fáze, že se začaly pro pálení používat mimo jiné i ovocné stromy. Využití ovocných stromů je jedna z mála informací, kterou v tomto případě pro vegetační rekonstrukci přinesla antrakologická analýza. Jinak jsou čistě na základě pylové analýzy rekonstruovány listnaté lesy s *Quercus*, *Tilia* a *Ulmus*. Od středního neolitu potom přibývají *Fagus* a *Carpinus* a zároveň prudce ustupují *Tilia* a *Ulmus*.

Ze záchranného výzkumu při stavbě dálnice vychází i další práce, tentokrát z předhůří Alp v západním Maďarsku (Náfrádi et al. 2012). Celkem 12500 uhlíků zde pochází z různých archeologických situací z intervalu od doby bronzové přes dobu železnou až po období stěhování národů. Prehistorický antrakologický materiál je zde tvořen bez jediné výjimky dubem. Až později ve středověku se objevují *Fraxinus*, *Ulmus* i další druhy. Z pylových analýz je rekonstruována podobná vegetace jako u předchozího uvedeného výzkumu – listnaté lesy s dominantní trojicí *Quercus*, *Tilia* a *Ulmus*. Absolutní dominance dubu ukazuje na jeho upřednostňování pro pálení a možná i na určitou míru fragmentace uhlíků v průběhu zpracování vzorků.

4.5 Severní Evropa

Do jedné kapitoly jsem zde spojil práce z Evropy rámcově severně od našeho území – z Polska, Švédska a Finska. Zejména ve Švédsku, kde má paleoekologie velmi dlouhou tradici je jejich nepříliš vysoký počet trochu překvapující. Důvodem je asi častější zaměření na materiál z čistě přírodních archivů a využívání spíše pylových a makrozbytkových analýz.

První práce z Polska se zabývá analýzou uhlíků a makrozbytků ze 46 lokalit datovaných od pozdní předřímské doby železné po pozdní dobu římskou (Litynska-Zajac 2012). Lokality jsou rozptýleny po velké části území Polska, přičemž nejvíce se jich nachází v Malopolsku a Mazursku. Část průběžných výsledků byla publikovaná i dříve (Litynska-Zajac 2011). Zastoupení daných období je velmi nevyrovnané, kdy z pozdní předřímské doby pochází jen minimum materiálu a naopak naprostá většina pochází z pozdní doby římské. Jako dominantní široce plošně rozšířená vegetace jsou rekonstruovány

smíšené lesy s dubem, borovicí a příměsí dalších druhů jako javoru, břízy, jasanu, lípy, habru, lísky nebo brslenu. Vlhkomilné druhy jsou zastoupeny také, výrazněji potom v pozdější fázi sledovaného období, což by mohlo být následkem suššího klimatu a využívání vlhčích lokalit. Výzkum odhalil regionální specifika, jako je výskyt jedle pouze v Karpatech nebo smrku jen na Malopolské vrchovině. Dále prokázal historický výskyt buku východně od jeho současné východní hranice rozšíření.

Další práce se zbývá regionem Mazurských jezer v severovýchodním Polsku a doplněním analýz pylu a makrozbytků z jezerních sedimentů pomocí uhlíků z archeologických lokalit (Wacnik et al. 2014). Materiál pro antrakologickou analýzu pochází ze dvou různých situací – sídliště a pohřebiště a týká se období od rané doby římské doby, přes pozdní dobu římskou až po stěhování národů. V materiálu z pohřebiště výrazně dominuje *Betula*, u které autoři předpokládají i přes její pravděpodobný běžný výskyt v okolí, zkrácení cíleným výběrem. Ten mohl vycházet z praktických vlastností březového dřeva nebo rituálních důvodů. Dalšími přítomnými druhy jsou *Quercus*, *Alnus*, *Fraxinus* a v malém množství *Pinus*. Uhlíkovému souboru ze sídliště nepřilíží výrazně dominuje *Quercus*, dalšími druhy jsou *Fraxinus*, *Acer*, *Betula*, *Alnus*, *Populus*, *Corylus* a *Pinus*. V obou antrakologických souborech chybí (až na jediný asi importovaný fragment) buk, který je sice zachycen v pylových profilech, ale pravděpodobně v blízkém okolí lokalit nerostl. V době stěhování národů je pro obě místa společný nárůst uhlíků *Pinus*, odpovídající ústupu lidského sídlení v této době.

Na základě zejména pylové analýzy autoři rekonstruují lesy s výraznou dominancí břízy. Její velmi hojný výskyt autoři předpokládají nejen v přirozených lesích na okrajích jezer, ale hlavně v lesích sekundárních zarůstajících opuštěnou zemědělskou půdu v pohyblivém systému hospodaření. Všechny analýzy nasvědčují silnému lidskému vlivu na krajinu v době římské, potom ústupu až opuštění krajiny během chladného období v raném středověku kolem roku 650 AD a pozdějšímu opětovnému středověkému osídlení.

První práce pocházející ze Švédska je zajímavá nejen metodicky, ale i svým zaměřením na specifické objekty vzniklé v součinnosti se zemědělskou činností (Lagerås a Bartholin 2003). Práce řeší účel a dobu vzniku pravidelných kamenných snosů (anglicky „stone clearing cairns“), které se vyskytují v některých lesnatých kopcovitých oblastech jižního Švédska. Během archeologického výzkumu snosů byla u přibližně šedesáti jednotlivých uhlíků přesně zaznamenána jejich poloha v rámci objektu a následně byly všechny datovány radiokarbonovou metodou. Další rovněž radiokarbonově datovaná část souboru uhlíků pochází z okolních zbytků osídlení. I přes celkově malý počet uhlíků (cca 100), byly na základě frekvence radiokarbonových dat stanoveny čtyři fáze vývoje. První fáze je datovaná do doby před rokem 2000 cal. BC a vyznačuje se jen velmi malou frekvencí C14 dat. Tyto jednotlivé uhlíky borovice pochází z mesolitu a předpokládá se u nich původ v přirozených požárech. Druhá fáze je

datovaná do intervalu 2000 – 0 cal. BC a frekvence datovaných uhlíků je zde řádově větší. Většina jich náleží dubu a lze je ztotožnit s lidským vlivem probíhajícím od pozdního neolitu, který je dokumentován i rozsáhlým osídlením zachyceným v okolí. Fáze 3 je datovaná do období 0 – 900 AD a vyznačuje se největší koncentrací C14 dat (téměř 100 dat na 1000 let). Uhlíkům zpočátku dominuje dub, s určitým časovým odstupem nastupují druhy sekundárního lesa líska s břízou, dub postupně až téměř mizí. Během této fáze došlo k rozšíření zemědělských ploch na úkor dubových lesů a intenzifikaci zemědělství. Stejně tak do této doby spadá zavedení budování snosů. Fáze 4 následuje po roce 900 AD a vyznačuje se opět nízkou koncentrací uhlíkových dat, kdy osídlení se přesunulo z kopcovitých částí krajiny se snosy do okolních údolí. Z pylové analýzy potom vyplývá kolem roku 1000 AD nahrazení chudých opadavých lesů s dominantní břízou smíšenými lesy s bukem.

Další práce se sice primárně zabývá otázkami spíše kulturními, ale využívá antrakologickou analýzu, u které se dotýká i metodologických otázek. Jejím předmětem je výzkum se osady Uppåkra z pozdní římské doby železné, poblíž Lundu v jižním Švédsku (Regnell 2002). Cílem práce je ukázat na využívání větví stromů jako krmiva pro dobytek na základě dendrologických parametrů z uhlíkového souboru, konkrétně průměrových kategorií. Nejčastějšími druhy v souboru čítajícím celkem 14 druhů jsou jasan, dub a líska, v menší míře *Pomoidae*, olše a buk. Z porovnání používaných průměrových kategorií dřeva s dalšími švédskými lokalitami, u kterých je výrazně větší zastoupení uhlíků z větších kmenů, vyplývá, že tato konkrétní lokalita je typická naopak uhlíky z nejmenších větví, využívaných podle autorů zejména jako krmivo pro dobytek. Autor rozebírá i obecnou antrakologickou metodologii, kde považuje kvantifikaci na základě počtu jednotlivých fragmentů za nespolehlivou a preferuje kvantifikaci váhovou. V případě, kdy není materiál zpracováván pomocí statistických metod, tvrdí, že celkový charakter souboru je možné získat na základě určení 50 fragmentů z každého z 10 vzorků.

Další práce sice zpracovává materiál ze 4 různých lokalit a více období, ale omezuje se v podstatě jen na popis přítomnosti jednotlivých druhů bez dalších navazujících závěrů (Olsson 2009). Pro období mesolitu je dominantním druhem *Pinus*, v menším množství jsou přítomny *Corylus*, *Alnus* nebo *Ulmus*. *Betula* a *Picea* na všech lokalitách chybí. V neolitu se navíc objevuje *Quercus*, určité zastoupení si udržují *Pinus*, *Corylus* a *Ulmus*. V době bronzové ustupuje *Pinus*, která se později v rané době železné v souboru už objevuje jen vzácně. Ve stejné době se objevuje *Betula*. Lokality jsou při vzájemném porovnání homogenní s výjimkou jediné, kde je mnohem výraznější přítomnost *Pinus*.

Poslední práce pochází z jihozápadního Finska a zabývá se materiálem ze záchranného archeologického výzkumu lokality z předřímské doby železné (Vanhanen a Koivisto 2015). Kromě analýzy uhlíků obsahuje i analýzy geochemické a makrozbytků. Soubor pouze 179 uhlíků ze šesti vzorků pochází z různých objektů z období mezi roky 500 – 1 BC. Prakticky každý vzorek je potom dominovaný

jiným druhem dřeviny (*Salix*, *Fraxinus*, *Acer*, *Alnus* a *Betula*). Celkem obsahuje 6 druhů listnáčů a dva jehličnanů. Bližší vegetační rekonstrukci autoři neuvádějí a pravděpodobně ani na základě příslušného souboru ani není možná.

4.6 Ostatní regiony

V předchozích kapitolách jsou podrobněji rozebrány antrakologické práce z různých vybraných regionů zabývající se pravěkem. Při podobně podrobném pohledu na celou Evropu by ale práce výrazně přesáhla daný rozsah. Proto budou v této kapitole velmi stručně uvedeny práce i z dalších regionů, kde je někdy menší počet jednotlivých prací, nebo kde již byly vypracovány podobné souhrnné práce.

V České republice jsou kromě konkrétních dílčích studií hlavní dvě práce. První z nich se zabývá přehledem antrakologických a xylotomických analýz zejména z archeologických kontextů a zároveň stručně představuje i metodologii a historii metody s důrazem na naše území (Beneš 2008). Druhá z prací je primárně zaměřená na konkrétní výzkum neolitického osídlení při stavbě silničního obchvatu Kolína (Kočár et al. 2014). V úvodní části ale řeší i obecně metodologické antrakologické otázky a uvádí další práce týkající se rekonstrukce neolitické lesní vegetace.

Ze Slovenska pochází práce od E. a M. Hajnalových, které kromě hlavního zaměření na ostatní rostlinné makrozbytky obsahují i několik antrakologických analýz (Hajnalová E. 1990, Šedo a Hajnalová M. 2005). Od polských a španělských autorů, ale z území Slovenska potom pochází analýza z neolitické lokality Moravany (Lityńska-Zajac et al. 2008).

Spíše jednotlivé práce pochází z Balkánského poloostrova. Jedná se o práci zabývající se neolitem na území Bosny a Hercegoviny (Schroedter et al. 2012) a o práce E. Marinové převážně z neolitu v Bulharsku (Marinova et al. 2012, Marinova a Thiebault 2006). Z Řecka existují dvě práce zabývající se materiálem z jeskyní a delšími časovými úseky. Jedna z nich pochází z centrálního Řecka (Ntinou a Kyprissi-Apostolika 2015) a druhá z ostrova Kefhalonia (Ntinou a Stratouli 2011).

Z Itálie pochází často práce z prostředí římského, které jsou kvůli zcela odlišnému historickému kontextu cíleně opomenuty. Určitou výjimku tvoří práce z Alp, kde v rámci výzkumu rituálního místa z období chalkolitu byla objevena jáma s velkým množstvím uhlíků, která ale i přes zdánlivou souvislost s chalkolitickými strukturami byla radiokarbonově datována do pozdní antiky (Allevato et al. 2013).

Ze zcela opačného konce Evropy potom pochází práce z Velké Británie a Irska. V Irsku je většina prací spojena s autorkou E. O'Carroll z univerzity v Dublinu (například O'Carroll a Mitchell 2015). Z Velké Británie potom pochází kompilační práce shrnující antrakologické a xylotomické výsledky analýz z archeologických výzkumů v severní Anglii (Huntley 2010). I přesto, že vegetační rekonstrukce na

základě uhlíků má své kořeny částečně i ve Velké Británii, není její využití v tomto regionu obvyklé a časté je při sběru vzorků zaměření pouze na dendrochronologické nebo C14 datování.

5 Závěr

Antrakologická analýza je v Evropě dobře zavedenou základní paleoekologickou metodou. Základy její metodologie byly sice vytvořeny už před delší dobou, ale i tak stále dochází ke zdokonalování, diskuzi a aplikacím pro podmínky a možnosti konkrétních lokalit. Stejně tak se dále objevují inovace ve způsobu využití a zpracování dat. Celkovým počtem prací je méně rozšířena než pylová nebo makrozbytková analýza. Oproti těm přináší detailní lokální pohled na minulé složení dřevinné vegetace. Samostatné využití antrakologické analýzy často poskytuje jen omezené možnosti interpretací nebo v závislosti na podmínkách konkrétní lokality není možné vůbec. Její hlavní přínos je proto zejména ve spojení s informacemi získanými pomocí dalších paleoekologických metod, zejména právě analýz pylové a makrozbytkové. Ideální případ a největší potenciál potom představují multidisciplinární studie obsahující navíc i další metody, jako například geochemické, malakologické nebo i čistě archeologické.

Alespoň jednotlivé regionální práce dnes pocházejí z prakticky celé Evropy. Větší počet prací potom pochází většinou z oblastí spojených s působením konkrétního autora nebo skupiny autorů. Tento jev je nejvýraznější v západním Středomoří s centrem na univerzitě v Montpellier, kde antrakologická analýza prakticky vznikla.

6 Přehled použité literatury

- ALLEVATO, E., FEDELE, F., TERRASI, F., CAPANO, M. a DI PASQUALE, G., 2013. High-resolution archaeoenvironmental study of cultic episode at a statue-menhir Copper Age site (Ossimo Anvòia, Italian Alps). *Radiocarbon*, 55(1), s. 49-58.
- ASOUTI, E. a AUSTIN, P., 2005. Reconstructing woodland vegetation and its exploitation by past societies, based on the analysis and interpretation of archaeological wood charcoal macro-remains. *Environmental Archaeology*, 10(1), s. 1-18.
- ASOUTI, E. a HATHER J., 2001. Charcoal analysis and the reconstruction of ancient woodland vegetation in the Konya Basin, south-central Anatolia, Turkey: results from the Neolithic site of Çatalhöyük East. *Vegetation History and Archaeobotany* 10(1), s. 23-32.
- ASOUTI, E., 2009, Charcoal analysis web, Dostupné z: <http://pcwww.liv.ac.uk/~easouti/Index.htm>
- BADAL, E., BERNABEU, J. a VERNET, J.-L., 1994. Vegetation changes and human action from the Neolithic to the Bronze Age (7000-4000 B.P.) in Alicante, Spain, based on charcoal analysis. *Vegetation History and Archaeobotany*, 3(3), s. 155-166.
- BADAL, E., MARCO, Y.C., a PARDO, J.F.J., 2012. Charcoal analysis at the San Chuis hill fort (Allande, Asturias, Spain). *SAGVNTVM Extra*, 13, s. 125-134.
- BADAL, E., OLIVER, B.M. a RIPOLL, M.P., 2012. From agricultural to pastoral use: changes in neolithic landscape at Cova de l'Or (Alicante, Spain). *SAGVNTVM Extra*, 13, s. 75-84.
- BENEŠ, J., 2008. Antrakologické analýzy v archeologii a paleoekologii. *Archeologické rozhledy* 60, s. 75-92.
- BENKOVA, V., SCHWEINGRUBER F. H., 2004. Anatomy of Russian woods. An atlas for the identification of trees, shrubs, dwarf shrubs and woody lianas from Russia. Bern, etc.: Haupt Verlag, 2004.
- BERGER, J. F., DELHON, C., MAGNIN, F., BONTÉ, S., PEYRIC, D., THIÉBAULT, S., ... & BEECHING, A., 2016. A fluvial record of the mid-Holocene rapid climatic changes in the middle Rhone valley (Espeluche-Lalo, France) and of their impact on Late Mesolithic and Early Neolithic societies. *Quaternary Science Reviews*, 136, s. 66-84.
- BRAADBAART, F. a POOLE, I., 2008. Morphological, chemical and physical changes during charcoalification of wood and its relevance to archaeological contexts. *Journal of Archaeological Science*, 35(9), s. 2434-2445.
- CARCAILLET, CH. a THINON, M., 1996. Pedoanthracological contribution to the study of the evolution of the upper treeline in the Maurienne Valley (North French Alps): methodology and preliminary data. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 91.1, s. 399-416.
- CARRIÓN, J. S., FERNÁNDEZ, S., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., GIL-ROMERA, G., BADAL, E., CARRIÓN-MARCO, Y., ... a BURJACHS, F., 2010. Expected trends and surprises in the Lateglacial and Holocene vegetation history of the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162(3), s. 458-475.
- CICHOCKI, O., KNIBBE, B., a TILLICH, I., 2014. Archaeological significance of the Palaeolithic charcoal assemblage from Krems-Wachtberg. *Quaternary International*, 351, s. 163-171.
- CONEDERA, M., TINNER W., NEFF CH., MEURER M., DICKENS, A. F. a KREBS, P., 2009. Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation. *Quaternary Science Reviews: Elsevier Ltd*, 28(5-6), s. 555-576.
- DEFORCE, K., BASTIAENS, J. a CROMBÉ, P., 2014. A reconstruction of middle Holocene alluvial hardwood forests (Lower Scheldt River, Northern Belgium) and their exploitation during the Mesolithic-Neolithic transition period (Swifterbant culture, ca. 4,500-4,000 BC). *Quaternaire*, 25(1), s. 9-21.
- DEFORCE, K., BASTIAENS, J., VAN NEER, W., ERVYNCK, A., LENTACKER, A., SERGANT, J., a CROMBÉ, P., 2013. Wood charcoal and seeds as indicators for animal husbandry in a wetland site during the late mesolithic-early neolithic transition period (Swifterbant culture, ca. 4600-4000 BC) in NW Belgium. *Vegetation History and Archaeobotany*, 22(1), s. 51-60.

- DELHON, C., BERNIGAUD, N., BERGER J.-F., SALVADOR P.-G., THIEBAULT S. a PLOTON M., 2013. Evolution and management of humid landscapes in northern Dauphine (Rhône valley, France): Contribution of charcoal and wood studies. *The Holocene*, 23(10), s. 1447–1465.
- DOHNAL, Z., 1970. Poznatky z kvartérně geologického a paleobotanického výzkumu na lokalitě Tuchlovice, Památky archeologické 61, s. 261–264.
- DUFRAISSE, A., 2006. Firewood economy during the 4th millennium BC at Lake Clairvaux, Jura, France. *Environmental Archaeology*, 11 (1), s. 87-99.
- DUFRAISSE, A., 2006. Charcoal anatomy potential, wood diameter and radial growth. *BAR International Series*, 1483, s. 47.
- DUFRAISSE, A., 2008. Firewood management and woodland exploitation during the late Neolithic at Lac de Chalain (Jura, France). *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(2), s. 199–210.
- DUFRAISSE, A., 2012. Firewood and Woodland Management in Their Social, Economic and Ecological Dimensions. *SAGVNTVM Extra*, 13, s. 65-73.
- DUQUE ESPINO, D. M., 2011. Anthracology in the Caves of Fuentes de León (Badajoz, Extremadura, Spain): notes for the characterization of the plant environment of the neolithic communities and Roman period of the SW of the Iberian Peninsula. *SAGVNTVM Extra*, 11, s. 175-176.
- FIGUEIRAL, I. a BETTENCOURT, A. M., 2004. Middle/Late Bronze Age plant communities and their exploitation in the Cavado Basin (NW Portugal) as shown by charcoal analysis: The significance and co-occurrence of *Quercus* (deciduous) - *Fabaceae*. *Vegetation History and Archaeobotany*, 13(4), s. 219-232.
- FIGUEIRAL, I. a MOSBRUGGER V., 2000. A review of charcoal analysis as a tool for assessing Quaternary and Tertiary environments: Achievements and limits. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 164(1-4), s. 397–407.
- FIGUEIRAL, I. a TERRAL, J. F., 2002. Late Quaternary refugia of Mediterranean taxa in the Portuguese Estremadura: charcoal based palaeovegetation and climatic reconstruction. *Quaternary Science Reviews*, 21(4), s. 549-558.
- FIGUEIRAL, I., 1995. Evidence from charcoal analysis for environmental change during the interval late Bronze Age to Roman, at the archaeological site of Castro de Penices, N.W. Portugal. *Vegetation History and Archaeobotany*, 4(2), s. 93–100.
- FIGUEIRAL, I., 1995. Charcoal Analysis and the History of *Pinus-Pinaster* (Cluster Pine) in Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 89(3-4), s. 441-454.
- FIGUEIRAL, I., 2005. Quantification in Charcoal Analysis ? Yes, But Not Always. Examples From Problematic Portuguese Sites. VI Congreso Ibérico de Arqueometría. *Avances em Arqueometría*, s. 223-228.
- FIGUEIRAL, I., FABRE, L. a TARDY, C., 2011. Charcoal analysis in Preventive Archaeology: combining culture heritage management with scientific research in the A75 motorway (Clermont l'Hérault-Béziers, Southern France). *SAGVNTVM Extra*, 11, s. 75-76.
- GODWIN, H. a TANSLEY, A. G., 1941. Prehistoric charcoals as evidence of former vegetation, soil and climate. *Journal of Ecology*, 29.1, s. 117-126.
- GRABNER, M., 2003. Bericht über die Holzartenbestimmungen und dendrochronologischen Bearbeitungen der Holzfunde der Ausgrabung Sommer 2001 "Fürstentum-Keltenstadt Sandberg". Unpublished report, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.
- HAJNALOVÁ, E., 1990. Antrakotomické rozbor z archeologických výskumov na Trnavskej pahorkatine a v údolí Váhu. *Študijné Zvesti* 26, s. 223-236.

- HEER, O., 1865. Die Pflanzen der Pfahlbauten, Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich für das Jahr 1866, 68, s. 1-54
- HEINZ, C. a THIÉBAULT, S., 1998. Characterization and palaeoecological significance of archaeological charcoal assemblages during late and post-glacial phases in southern France. *Quaternary Research*, 50(1), s. 56–68.
- HEINZ, C., FIGUEIRAL, I., TERRAL, J.F. a CLAUSTRE, F., 2004. Holocene vegetation changes in the northwestern Mediterranean: new palaeoecological data from charcoal analysis and quantitative eco-anatomy. *The Holocene*, 14(4), s. 621–627.
- HEISS, A. G. a OEGGL, K., 2008. Analysis of the fuel wood used in Late Bronze Age and Early Iron Age copper mining sites of the Schwaz and Brixlegg area (Tyrol, Austria). *Vegetation History and Archaeobotany*, 17, s. 211–221.
- HELLER, I., SCHWEINGRUBER, F. H. a KIENAST, F., 2004. Wood anatomy of central European Species. WSL, 2004. Online version: www.woodanatomy.ch
- HUNTLEY, J., 2010. Northern England: A review of wood and charcoal recovered from archaeological excavations in northern England. English Heritage.
- CHABAL, L., 1988. Pourquoi et comment prélever les charbons de bois pour la période antique, les méthodes utilisées sur le site de Lattes (Hérault). *Lattara* 1, s. 187–222.
- CHABAL, L., 1997. Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive): l'anthracologie, méthode et paléoécologie. Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, 1997.
- CHRAZAVEZ, J., THÉRY-PARISOT, I., FIORUCCI, G., TERRAL, J.F. a THIBAUT, B., 2014. Impact of post-depositional processes on charcoal fragmentation and archaeobotanical implications: Experimental approach combining charcoal analysis and biomechanics. *Journal of Archaeological Science*, 44(1), s. 30–42.
- IGERSHEIM, A. a CICHOCKI, O., 1996. A simple method for microtome sectioning of prehistoric charcoal specimens, embedded in 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 92(3-4), s. 389–393
- JACOB, H., 2003. In: Behm-Blancke, G. (2003). Heiligtümer der Germanen und ihrer Vorgänger in Thüringen – Die Kultstätte Oberdorla. Forschungen zum alteuropäischen Religions- und Kultwesen mit Beiträgen von Helga Jacob, Herbert Ullrich und Hans Eberhardt, Teil, 1., Theiss, 2002, Stuttgart.
- JANSEN, D., MISCHKA, D. a NELLE, O., 2013. Wood usage and its influence on the environment from the Neolithic until the Iron Age: a case study of the graves at Flintbek (Schleswig–Holstein, Northern Germany). *Vegetation history and archaeobotany*, 22(4), s. 335-349.
- JANSEN, D., NELLE, O., 2011. Neolithic wood usages: examples from the lowlands of Germany. *SAGVNTVM Extra*, 11, s. 85-86.
- JOACHIM, H-E., GERLACH, R., VAN DEN BORG, K., 2002. Porz-Lind: ein mittel-bis spätlatènezeitlicher Siedlungsplatz im 'Linder Bruch' (Stadt Köln). von Zabern. ISBN: 3-8053-2904-0
- KEEPAX, C., 1988. Charcoal analysis, with particular reference to archaeological sites in Britain, Ph.D. thesis, University of London.
- KOČÁR, P., ŠUMBEROVÁ, R. A KOČÁROVÁ, R., 2014. Antrakologický soubor z neolitického sídliště u Kolína Příspěvek (nejen) k rekonstrukci lesní vegetace v neolitu České republiky. *Archeologické Rozhledy*, 66, s. 391-414.
- KOHLER-SCHNEIDER, M., CANEPPELE, A., a HEISS, A. G., 2015. Land use, economy and cult in late Iron Age ritual centres: an archaeobotanical study of the La Tène site at Sandberg-Roseldorf, Lower Austria. *Vegetation History and Archaeobotany*, 24(4), s. 517-540.

KREUZ, A., 1992. Charcoal from ten early Neolithic settlements in Central Europe and its interpretation in terms of woodland management and wildwood resources. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*, 139(2-4), s. 383-394.

LAGERÅS, P. A BARTHOLIN, T., 2003. Fire and stone clearance in Iron Age agriculture: new insights inferred from the analysis of terrestrial macroscopic charcoal in clearance cairns in Hamneda, southern Sweden. *Vegetation history and archaeobotany*, 12(2), s. 83-92.

LEROYER, CH., COUBRAY, S., ALLENET, G., PERRIÈRE, J. a PERNAUD, J-M., 2011. Vegetation dynamics , human impact and exploitation patterns in the Paris Basin through the Holocene : palynology vs. anthracology, *SAGVNTVM Extra*, 11, s. 81-82.

LITYŃSKA-ZAJĄC, M., 2011. An attempt to reconstruct forest communities on the basis of plant material from Roman Iron Age in Poland. *SAGVNTVM Extra* 11, s. 169-170.

LITYŃSKA-ZAJĄC, M., 2012. Forest plant remains from the Late Pre-Roman and Roman Iron Age in Poland. *SAGVNTVM Extra*, 13, s. 167-172.

LITYŃSKA-ZAJĄC, M., MOSKAL-DEL HOYO, M. a NOWAK, M., 2008. Plant remains from an early Neolithic settlement at Moravany (eastern Slovakia). *Vegetation history and archaeobotany*, 17(1), s. 81-92.

LUBOS, C. , DREIBRODT, S., ROBIN, V., NELLE, O., KHAMNUEVA, S., RICHLING, I., BULTMANN, U. a BORK, H. R., 2013. Settlement and environmental history of a multilayered settlement mound in Niederröblingen (central Germany) - a multi-proxy approach. *Journal of Archaeological Science*, 40(1), s. 79–98.

MARCO, Y. C., 2007. Woodland in the middle Ebro valley (Spain). Dendrological analysis of archaeological timber from Bell Baker and Iron Age periods. *ArcheoSciences. Revue d'archéométrie*, (31), s. 151-161.

MARGUERIE, D. a HUNOT, J-Y., 2007. Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in north-western France. *Journal of Archaeological Science*, 34(9), s. 1417–1433.

MARINOVA, E. a THIÉBAULT, S., 2008. Anthracological analysis from Kovacevo, southwest Bulgaria: woodland vegetation and its use during the earliest stages of the European Neolithic. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(2), s. 223-231.

MARINOVA, E., TONKOV, S., BOZILOVA, E., a VAJSOV, I., 2012. Holocene anthropogenic landscapes in the Balkans: the palaeobotanical evidence from southwestern Bulgaria. *Vegetation history and archaeobotany*, 21(4-5), s. 413-427.

MARSTON, J. M., 2009. Modeling wood acquisition strategies from archaeological charcoal remains. *Journal of Archaeological Science: Elsevier Ltd*, 36(10), s. 2192–2200.

MARTÍN, L., DELHON, C., THIÉBAULT, S. a PELLETIER, D., 2012. Plant exploitation and diet in altitude during Mesolithic and Neolithic: Archaeobotanical analysis from a hunting camp in the Chartreuse massif (l'Aulp-du-Seuil, Isère, France). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 185, s. 26-34.

MARTÍN, M. a MARCO, Y. C., 2011. Iron Age and Roman woodworking in the Northwest of the Iberian Peninsula. *SAGVNTVM Extra*, 11, s. 103-104.

MILLER, C. E., CONARD, N. J., GOLDBERG, P. a BERNA, F., 2010. Dumping, sweeping and trampling: experimental micromorphological analysis of anthropogenically modified combustion features. *Palethnologie*, 2, s. 25-37.

MOSKAL-DEL HOYO, M., 2013. Mid-Holocene forests from eastern Hungary: new anthracological data. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 193, s. 70-81.

MUSIL, R., 2006. Nacházelo se ve Woldřichově jeskyni na Stránské skále skutečně ohniště? Did really exist the fireplace in the Woldřich's cave at the Stránská Skála hill?, *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2005*, s. 14–18.

- NÁFRÁDI, K., BODOR, E., TÖROCSIK, T., a SÜMEGI, P., 2011. Vegetation history reconstructed from anthracology and pollen analysis at the rescue excavation of the MO Motorway, Hungary. *Central European Journal of Geosciences*, 3(4), s. 358–367.
- NÁFRÁDI, K., SÜMEGI, P. a TÖROCSIK, T., 2012. Charcoal and pollen analyses and vegetation reconstruction of the Alpine foreland in West Hungary. *Central European Journal of Geosciences*, 4(4), s. 592–602.
- NOCUS, N., WIETHOLD, J., ERTLEN, D., SCHNEIDER, N., a RICHARD, H., 2011. First anthracological results from Rhine's plain and comparison with other palaeo-environmental data. *SAGVNTVM Extra*, 11, s. 141-142.
- NOVÁK, J., SVOBODA, J., ŠÍDA, P., PROSTŘEDNÍK, J. a POKORNÝ, P., 2015. A charcoal record of Holocene woodland succession from sandstone rock shelters of North Bohemia (Czech Republic). *Quaternary International*, 366(1), s. 25–36.
- NTINOU, M. a KYPARISSI-APOSTOLIKA, N., 2015. Local vegetation dynamics and human habitation from the last interglacial to the early Holocene at Theopetra cave, central Greece: the evidence from wood charcoal analysis. *Vegetation History and Archaeobotany* 25(2), s. 191-206.
- NTINOU, M. a STRATOULI, G., 2011. Charcoal analysis for the Neolithic of the Ionian Islands, western Greece: the case of Drakaina Cave at Poros, Kephallonia. *SAGVNTVM Extra*, 11, s. 89-90.
- O'CARROLL, E. a MITCHELL, F., 2012. Charcoal sample guidelines: New methodological approaches towards the quantification and identification of charcoal samples retrieved from archaeological sites. *SAGVNTVM Extra*, 13, 2012, s. 275.
- O'CARROLL, E. a MITCHELL, F.J.G., 2015. Seeing the woods for the trees: the history of woodlands and wood use revealed from archaeological excavations in the Irish Midlands. *Irish forestry* 72, s. 205-226.
- OLSSON, E., 2009. In: ÅKERLUND, A., Olsson, E., Gustafsson, P., & Miller, U. (2009). Södertörn. Interdisciplinary investigations of Stone Age sites in Eastern Middle Sweden. Riksantikvarieämbetet.
- OPRAVIL, E., 1961: Vegetační poměry Znojemska v době halštatské, *Časopis Moravského muzea - vědy přírodní*, 46, s. 81–100.
- PAYSEN, A., 2012. Charcoal research before modern Anthracology. *SAGVNTVM Extra*, 13, s. 269.
- PIQUÉ, R., VILA MOREIRAS, S. a ALONSO, N., 2012. Changes in vegetation and fuel use from the Neolithic to the Middle Ages in the Western Catalan plain. Wood and charcoal: evidence for human and natural history, *SAGVNTVM Extra*, 13, s. 85-96.
- PLANCK, D., BLEICH, K. E., KORBER-GROHNE, U. a BECKER, B., 1982. Eine neuentdeckte keltische Viereckschanze in Fellbach-Schmiden, Rems-Murr-Kreis. Vorbericht der Grabungen 1977-1980. *Germania*, 60(1), s. 105-172.
- REGNELL, M., 2002. Charcoals from Uppåkra as indicators of leaf fodder. *Acta Archaeologica Lundensia*, 40, s. 105-115
- RODRIGUEZ ARIZA, M. O., AGUAYO DE HOYOS P. a MORENO JIMÉNEZ F., 1992. The environment in the Ronda Basin (Málaga, Spain) during recent prehistory based on an anthracological study of Old Ronda. *Bulletin de la Société Botanique de France, Actual. Bot.*, 139(2/3/4), s. 715–725.
- RUBIALES, J. M., GARCÍA-AMORENA, I., HERNÁNDEZ, L., GÉNOVA, M., MARTÍNEZ, F., MANZANEQUE, F. G. a MORLA, C., 2010. Late Quaternary dynamics of pinewoods in the Iberian Mountains. Review of palaeobotany and palynology, 162(3), s. 476-491.
- SALAVERT A., DUFRAISSE A., 2014. Understanding the impact of socio-economic activities on archaeological charcoal assemblages in temperate areas: A comparative analysis of firewood management in two Neolithic societies in Western Europe (Belgium, France). *Journal of Anthropological Archaeology*, 35, s. 153-163.
- SALAVERT, A., 2011. Environment and forest edges exploitation in northern France and Belgium during the Neolithic. *SAGVNTVM Extra*, 11, s. 143-144.

- SALISBURY, E. J. a JANE, F. W., 1940. Charcoals from Maiden Castle and their significance in relation to the vegetation and climatic conditions in prehistoric times. *The Journal of Ecology*, 1940, s. 310-325.
- SHACKLETON, CH. M. a PRINS, F., 1992. Charcoal analysis and the "Principle of least effort" - A conceptual model. *Journal of archaeological science*, 1992, 19.6, s. 631-637.
- SCHROEDTER, T. M., HOFMANN, R., MÜLLER-SCHÉEßEL, N., MÜLLER, J. A NELLE, O., 2012. Late Neolithic vegetation around three sites in the Visoko basin, Bosnia, based on archaeo-anthracology-spatial variation versus selective wood use. *SAGVNTVM Extra*, 13, 2012, s. 53-64.
- SCHWARZ, A. S. a OEGGL K., 2013. Vegetation change during the Bronze Age studied in a multi-proxy approach: Use of wood linked to charcoal analysis. *Vegetation History and Archaeobotany*, 22(6), s. 493-507
- SCHWARZ, A. S. a OEGGL, K., 2016. Resource usage of the hilltop settlement on the Kiechlberg near Thaur (Tyrol, Austria) from Late Neolithic to Middle Bronze Age. *Vegetation History and Archaeobotany*: Springer Berlin Heidelberg, 25(1), s. 85-103.
- SCHWEINGRUBER, F.H., 1990. Anatomy of European woods. Paul Haupt, 1990.
- SLAVÍKOVÁ, J., 1976. Rekonstrukce lužního lesa u Libice nad Cidlinou – Rekonstruktion eines Auenwaldes bei Libice an der Cidlina, *Preslia* 48, s. 42-46
- SLAVÍKOVÁ, J., 1986. The reconstruction of vegetation at Bylany by means of recognized carbonized wood remains. In: I. Pavlů – J. Rulí – M. Zápotocká, *Theses on the Neolithic Site of Bylany, Památky archeologické* 72, s. 403-404.
- ŠEDO, O. A HAJNALOVÁ, E., 2005. Využití archeobotanických poznatků a geobotanických map pro predikci a rekonstrukci osídlení v pravěku a ranohistorickém období na příkladě studie z Kysúce – Archaeobotanical data and geobotanical maps – a tool for prediction and reconstruction of prehistorical and protohistorical settlement pattern shown on the Kysuce region case study. *Ve službách archeologie* 6, Brno, s. 255-265.
- TERESO, J., QUEIROZ, P., SOARES, J. a DA SILVA, C. T., 2011. Charcoal analysis from Porto das Carretas: the gathering of wood and the palaeoenvironmental context of SE Portugal during the 3rd millennium. *SAGVNTVM Extra*, 11, s. 145-146.
- THÉRY-PARISOT, I. a HENRY A., 2012. Seasoned or green? Radial cracks analysis as a method for identifying the use of green wood as fuel in archaeological charcoal. *Journal of Archaeological Science: Elsevier Ltd*, 39(2), s. 381-388.
- THÉRY-PARISOT, I., DUFRAISSE, A., CHZRAZVZEZ, J., HENRY, A. a PARADIS-GRENOUILLET, S., 2011. Charcoal analysis and wood diameter: inductive and deductive methodological approaches for the study of firewood collecting practices. *SAGVNTVM extra*, 11, s. 31-32.
- THÉRY-PARISOT, I., CHABAL L. a CHRZAVZEZ J., 2010. Anthracology and taphonomy, from wood gathering to charcoal analysis. A review of the taphonomic processes modifying charcoal assemblages, in archaeological contexts. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology: Elsevier B.V.*, 291(1-2), s. 142-153.
- VANHANEN, S. a KOIVISTO S., 2015. Pre-roman Iron Age settlement continuity and cereal cultivation in coastal Finland as shown by multiproxy evidence at Bäljars 2 site in SW Finland. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 1(1), s. 38-52.
- VERNET, J-L. a THIÉBAULT, S., 1987. An approach to northwestern Mediterranean recent prehistoric vegetation and ecologic implications. *Journal of Biogeography*, s. 117-127.
- VERNET, J-L. a THIÉBAULT, S., 1987. An Approach to Northwestern Mediterranean Recent Prehistoric Vegetation and Ecologic Implications. *Journal of Biogeography*, 14(2), s. 117-127.
- WACNIK, A., KUPRYJANOWICZ, M., MUELLER-BIENIEK, A., KARCZEWSKI, M., a CYWA, K., 2014. The environmental and cultural contexts of the late Iron Age and medieval settlement in the Mazurian Lake District, NE Poland: combined palaeobotanical and archaeological data. *Vegetation history and archaeobotany*, 23(4), s. 439-459.

WALSH, K., COURT-PICON, M., DE BEAULIEU D. L., GUITER F., MOCCI F., RICHER S., SINET R., TALON B. a
TZORTZIS S., 2014. A historical ecology of the Ecrins (Southern French Alps): Archaeology and palaeoecology of
the Mesolithic to the Medieval period. *Quaternary International*: Elsevier Ltd, 353, s. 52-73.